

Opinnäytetyö (AMK)

Tekniikan insinööri | LVI-tekniikka

2020

Erik Karl Svartberg

# SAVUNPOISTON MITOITUS ASUINRAKENNUSTEN KERROSKÄYTÄVILLÄ

Erik Karl Svartberg

# SAVUNPOISTON MITOITUS ASUINRAKENNUSTEN KERROSKÄYTÄVILLÄ

Insinööriyössä tarkastellaan savunpoiston mitoituksen tärkeyttä asuinrakennusten kerroskäytävillä. Savunpoiston suunnitteluprosessissa törmätään usein haastavaan kerroskäytävien geometriaan. Lisäksi pelastus- ja rakennusalailla on saatavissa vain vähäisiä käytännön ohjeistuksia kerroskäytävien savunpoistosta. Savunpoiston toimivuuden kannalta on olennaisen tärkeää oikein tehty savunpoiston mitoitus. Insinööriyön tarkoituksena oli tutkia mitoitusmenetelmiä erilaisille kerroskäytävillä ja selvittää, voidaanko tutkittuja mitoitusmenetelmiä ottaa Palotekninen Insinööritoimisto Markku Kauriala Oy:n käyttöön. Tavoitteena oli kehittää selkeät ohjeet laskentakaavojen käyttöön savunpoiston suunnittelun mitoituksessa.

Työ tehtiin rakennusalan säädöksiä hyödyntäen ja ohjaajien opastuksella. Työssä tutkittiin sekä painovoimaisen että koneellisen savunpoiston mitoituksen tuloksia eri laskentamenetelmillä. Insinööriyössä mitoitettiin savunpoistovirtoja, savunpoistopinta-aloja ja savuttoman vyöhykkeen minimikorkeuksia sekä perehdyttiin uusien standardien ja ohjeiden vaikutukseen savunpoiston suunnittelussa.

Saatujen tulosten avulla tarkastettiin menetelmien tarkkuutta ja toistettavuutta. Lisäksi selvitettiin menetelmien luotettavuutta. Tulosten vertailussa todettiin, että mitoitusmenetelmien välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa. Sen lisäksi todettiin, että prosenttimitoitusmenetelmä oli helpompi ja nopeampi kuin mitoituskaavoihin perustuva menetelmä. Tutkimuksessa selvisi myös, että kaavojen käyttökokemus voi vaikuttaa niiden tulkintaan ja mitoituksen tuloksiin. Usein mitoituskaavoilla oikein toteutettuna laskenta edellyttää suunnittelijalta pitkää kokemusta savunpoiston suunnittelussa.

Todettiin, että eri mitoitusmenetelmien saadut tulokset ovat tarpeeksi tarkat ja luotettavat. Tämän takia nämä menetelmät ovat riittävät savunpoiston mitoitukseen asuinrakennusten kerroskäytävillä ja niitä voidaan hyödyntää yrityksen käyttöön.

## ASIASANAT:

savunpoisto, kerroskäytävä, mitoitusmenetelmä, asuinrakennus, savunpoistotaso, mitoituskaava, prosenttimitoitus

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

HVAC Engineering

2020 | 58 pages

Instructors: Juha Leimu, Principal Lecturer (Turku University of Applied Sciences); Jorma Susi, Smoke Extraction Design Chief specialist (Markku Kauriala Ltd. Fire Engineering and Fire Safety Design Consultants); Marianna Kauriala, Fire Engineering and Fire Safety Design Chief specialist (Markku Kauriala Ltd. Fire Engineering and Fire Safety Design Consultants)

Erik Karl Svartberg

## SMOKE EXHAUST DIMENSIONING FOR FLOOR CORRIDORS IN RESIDENTIAL BUILDINGS

This thesis highlights the importance of smoke exhaust dimensioning and the challenge for floor corridors in residential buildings. As the smoke removal design process progresses, the challenging geometry of floor corridors and very limited practical instructions in the rescue and construction sector for smoke exhaust in floor corridors are often encountered, so that the correct dimensioning of smoke exhaust is more important for the functioning of smoke exhaust.

The purpose of the thesis was to study the design methods for various floor corridors and to determine whether the dimensioning methods studied can be used by Markku Kauriala Ltd. Fire Engineering and Fire Safety Design Consultants. The aim of this thesis was to develop clear guidelines for the use of calculation formulas for the design of smoke extraction. The results obtained were used to check the accuracy and reproducibility of the methods. In addition, reliability of the methods was examined.

The thesis was done according to regulations of the construction industry and was guided by instructors. In the thesis the results of both natural and mechanical smoke extraction dimensioning using different calculation methods. In the thesis smoke extraction flow smoke extraction areas and minimum smoke-free zone heights were dimensioned and the impact of new standards and guidelines on the design of smoke extraction was studied.

A comparison of the results of the study showed that there is no statistically significant difference between the dimensioning methods. In addition, it was found that the percentage dimensioning method is easier and faster than the method based on dimensioning results. The study has also shown that the empiric background of the formulas can influence their interpretation and the results of the dimensioning. Often, correct calculation using the dimensioning formulas requires extensive experience from the designer in the field of smoke extraction design.

In addition, it was found that the results obtained from different dimensioning methods are sufficiently accurate and reliable. Therefore, these methods are sufficient for dimensioning smoke extraction on the floor corridors of residential buildings.

### KEYWORDS:

smoke exhaust, floor corridor, dimensioning, residential building, level of smoke and heat exhaust system, dimensioning formula, percentage dimensioning method

# SISÄLTÖ

<b>KÄYTETYT LYHENTEET</b>	<b>7</b>
<b>1 JOHDANTO</b>	<b>8</b>
<b>2 TUTKIELMAN TOTEUTTAMINEN</b>	<b>9</b>
2.1 Tutkielman tausta	9
2.2 Tutkielman tavoitteet	9
2.3 Tutkielman rajausta ja tulos	10
<b>3 SAVUNPOISTO RAKENNUSTILASTA TULIPALOTILANTEESSA</b>	<b>11</b>
3.1 Savunpoiston tarkoitus	11
3.2 Savunpoiston periaatteet	12
3.3 Savunpoistotasot	13
3.4 Savunpoistotaso I	14
3.5 Savunpoistotaso II	15
3.6 Savunpoistotaso III	15
3.7 Savunpoistoluokat	17
3.8 Koneellinen savunpoisto	21
3.9 Painovoimainen savunpoisto	22
3.10 Paineistus	24
3.11 Savunpoiston korvausilma	28
3.12 Olosuhteiden vaikutus savunpoistoon	29
3.13 Savulohkot	30
3.14 Savusulut	31
<b>4 SAVUNPOISTON MITOITUSMENETELMÄT</b>	<b>32</b>
4.1 Savunpoiston mitoitus lyhyesti	32
4.2 Prosenttimitoitus	32
4.3 Kaavoihin perustuva mitoitus	34
4.4 Savunpoistoluukkujen savunpoistopinta-alan mitoitus (savunpoistotaso II)	34
4.5 Savunpoistopuhaltimien ilmavirran mitoitus (savunpoistotaso II)	36
4.6 Paineistusluokkaan C perustuva mitoitus	38
4.7 Vakiopalotehoon perustuva mitoitus (savunpoistotaso III)	39
4.8 Oletettuun palonkehitykseen perustuva mitoitus	40

<b>5 MITOITUSMENETELMIEN VÄLISET EROT VERTAILULASKENNASSA</b>	<b>41</b>
5.1 Kaavoihin perustuva mitoitusesimerkki	41
5.2 Mitoitusmenetelmien vertailulaskenta kohteessa A	43
5.3 Savunpoistotaso II prosenttimitoitus	44
5.3.1 Ympäristöministeriön prosenttimitoitus	44
5.3.2 RIL 232-2012:n mukainen prosenttimitoitus	44
5.4 Savunpoistotaso II mitoitus RIL 232-2012:n kaavojen mukaisesti	45
5.5 Paineistuksen mitoituslaskelmat kohteessa A	47
<b>6 SAVUNPOISTON TOTEUTUSMALLIT KERROSKÄYTÄVILLÄ</b>	<b>48</b>
6.1 Savunpoiston tekniset ratkaisut esimerkkikohteissa	48
6.1.1 Kohde A: kerroskäytävä alle 60 m	48
6.1.2 Kohde B: kerroskäytävä yli 60 m	49
6.1.3 Kohde C: umpinainen kerroskäytävä 1	50
6.1.4 Kohde D: umpinainen kerroskäytävä 2	51
6.1.5 Kohde E: umpinainen kerroskäytävä 3	52
6.1.6 Kohde F: umpinainen porraskäytävä enintään 12 m	53
6.1.7 Kohde G: porraskäytävä yli 12 m	54
6.1.8 Kohde H: umpiperäinen porraskäytävä yli 12 m	55
6.2 Tulosten tarkastelu	56
<b>7 JOHTOPÄÄTÖKSET</b>	<b>57</b>
<b>LÄHTEET</b>	<b>58</b>

## **KAAVAT**

Kaava 1. Tehollinen savunpoistopinta-ala.	34
Kaava 2. Kertoimen $\alpha$ laskentakaava savunpoistoluukkujen mitoituksessa.	35
Kaava 3. Savunpoistoluukkujen tehollinen kokonaispinta-alan laskentakaava.	35
Kaava 4. Savuton minimikorkeus (Z), kun osaston pinta-ala on enintään 2 000 m <sup>2</sup> .	35
Kaava 5. Savuton minimikorkeus (Z), kun osaston pinta-ala on yli 2 000 m <sup>2</sup> tilan korkeus $H < 3,75$ m.	35
Kaava 6. Savuton minimikorkeus (Z), kun tilan korkeus $H < 6$ m.	36
Kaava 7. Savulohkon alueelle sijoitettavien luukkujen lukumäärä.	36
Kaava 8. Savunpoistoluukun tehollisen pinta-alan laskentakaava.	36
Kaava 9. Savunpoistopuhaltimien yhteenlaskettu ilmavirran laskentakaava.	36
Kaava 10. Kertoimen $\alpha$ laskentakaava savunpoistoluukkujen mitoituksessa.	37
Kaava 11. Savunpoistopuhaltimien ilmavirran määrälaskentakaava.	37
Kaava 12. Savuton minimikorkeus (Z), kun osaston pinta-ala on 2 000 m <sup>2</sup> .	37

Kaava 13. Savuton minimikorkeus (Z), kun osaston pinta-ala on enintään 2 600 m <sup>2</sup> .	37
Kaava 14. Savuton minimikorkeus (Z), kun osaston pinta-ala on yli 2 600 m <sup>2</sup> tai tilan korkeus H < 3,75 m.	38
Kaava 15. Savuton minimikorkeus, kun tilan korkeus H < 6 m.	38
Kaava 16. Savulohkon alueelle sijoitettavien puhaltimien lukumäärä.	38
Kaava 17. Rinnakkain sijaitsevien ovien tehollisen virtausalan laskentakaava.	38

## KUVAT

Kuva 1. Savunpoiston tarkoitus.....	11
Kuva 2. Savunpoiston pääperiaatteet. ....	12
Kuva 3. Savunpoistotasot. ....	13
Kuva 4. Rintamamiestalo. ....	14
Kuva 5. Orivillen tehdas Orimattilassa. ....	15
Kuva 6. Esimerkki atriumtyyppisestä asuinrakennuksen savunpoistosta (savunpoistotaso III), jossa käytetään automaattisesti toimivia savunpoistopuhaltimia. ....	16
Kuva 7. Koneellinen savunpoisto yhdestä palo-osastosta kattoon asennetulla puhaltimella. ....	22
Kuva 8. Painovoimainen savunpoisto. ....	23
Kuva 9. Painovoimainen savunpoisto atriumtiloista. ....	24
Kuva 10. Porrashuoneen paineistuksen periaate. ....	25
Kuva 11. Porrashuoneen paineistuksen periaate. ....	26
Kuva 12. Järjestelmän toiminta savunpoiston tilanteessa. ....	26
Kuva 13. Paineistusluokan C suunnittelutilanne: 1 Ovi auki, 2 Ovi kiinni ja 3 Ilmanpurkausaukko. ....	27
Kuva 14. Esimerkki korvausilma-aukkojen (K) sijoituksesta. ....	29
Kuva 15. Savulohkojen tarkoituksena on rajoittaa savun leviäminen savulohkoa laajemmalle alueelle palon alkuvaiheessa. ....	30
Kuva 16. Esimerkki kiinteästä savusulusta, joka on joustavaa tai jäykkää materiaalia. ....	31

## TAULUKOT

Taulukko 1. Esimerkkejä savunpoistoluokan 1 tuotanto-, varasto- ja muista tiloista.	18
Taulukko 2. Esimerkkejä savunpoistoluokan 2 tuotanto-, varasto- ja muut tilat.	19
Taulukko 3. Esimerkkejä savunpoistoluokan 3 tuotanto-, varasto- ja muut tilat.	20
Taulukko 4. Atriumtyyppisten tilojen esimerkkejä.	21
Taulukko 5. Ympäristöministeriön muistion prosenttimitoititus taulukon PM3 mukaan.	33
Taulukko 6. RIL 232:n prosenttimitoititus taulukon 9 mukaisesti.	33

## KÄYTETYT LYHENTEET

$A_{\%}$	savunpoistoluukkujen pinta-alavaatimus lattiapinta-alasta
$A_{1600}$	käytävän alueelle sijoitettavien savunpoistoluukkujen tehollinen kokonais-pinta-ala
$A_{ia}$	yhden luukun tehollinen pinta-ala
$A_s$	savulohkon pinta-ala (m <sup>2</sup> )
$A_v C_v$	savunpoistoluukkujen yhteenlaskettu tehollinen savunpoistopinta-ala (m <sup>2</sup> )
$D_A$	oven pinta-ala
$H$	huonetilan korkeus
$k_{spr}$	automaattisen vesisammutuslaitteiston vaikutuskerroin
$P$	paine-ero paineistetun ja paineistamattoman tilan välillä
$Q_F$	ilmavirta, joka on laskettu virtauskriteerin perusteella ovien ollessa auki
$V_{v\ tot}$	savunpoistopuhaltimien yhteenlaskettu ilmavirta
$V_{2000}$	käytävän alueelle sijoitettavien savunpoistopuhaltimien ilmavirta
$V_p$	paineistusilmavirta
$Z$	savuttoman vyöhykkeen korkeus (m)
$\alpha$	kerroskäytävän pinta-alan ( $A_s$ ) kerroin

# 1 JOHDANTO

Vuonna 1990 perustettu Palotekninen Insinööritoimisto Markku Kauriala Oy on Suomen ensimmäinen ja yksi johtavista paloturvallisuussuunnittelutoimistoista myös toiminnallisessa suunnittelussa. Se toimii kaikilla palotekniikkaan liittyvillä palvelualoilla ja panostaa erityisesti tietotekniseen tasoon ja osaamiseen. Savunpoisto on yksi Palotekninen Insinööritoimisto Markku Kauriala Oy:n osaamisalueista.

Opinnäytetyön aihe on saatu Palotekninen Insinööritoimisto Markku Kauriala Oy:stä ja se toteutetaan kirjoittajan oman työn ohella. Insinöörityön tarkoituksena oli tarkastella mitoitusmenetelmiä erilaisille kerroskäytävillä ja selvittää, voidaanko tutkittuja mitoitusmenetelmiä ottaa yllä mainitun yrityksen käyttöön.

Työssä mitoitettiin savunpoistoa erilaisilla laskentamenetelmillä mitoituksen toistettavuuden ja tarkkuuden toteamiseksi. Opinnäytetyössä todettiin myös erilaisten mitoitusmenetelmien luotettavuus. Tämän lisäksi savunpoisto esimerkkikohteessa mitoitettiin tutkittuilla mitoitusmenetelmillä ja näiden menetelmien tuloksarvoja verrattiin toisiinsa.

Tämän työn tavoitteena oli kehittää selkeät ohjeet laskentakaavojen käyttöön savunpoiston mitoituksessa asuinrakennusten kerroskäytävillä. Työssä tutkittiin sekä painovoimaisen että koneellisen savunpoiston mitoituksen tuloksia eri laskentamenetelmillä. Tutkitut savunpoiston mitoitusmenetelmien tulokset osoittivat, että laskentamenetelmiä voidaan tulevaisuudessa soveltaa savunpoistomitoitukseen erilaisilla kerroskäytävillä.

Tässä työssä esitetään yleiset asuinrakennuksessa tarvittavat savunpoistosuunnittelun peruseriaatteen yhtenäisenä kokonaisuutena. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli laatia mahdollisimman selkeä ja käytännöllinen konsepti savunpoiston mitoitusmenetelmistä ja tutkittujen mitoitusmenetelmien laskentatavoista savunpoiston mitoitusta varten asuinrakennusten kerroskäytävillä.



## 2 TUTKIELMAN TOTEUTTAMINEN

Luvussa taustoitetaan opinnäytetyöraportin aihe ja esitellään mitoitusten menetelmät.

### 2.1 Tutkielman tausta

Savunpoiston mitoituksille asuinrakennusten kerroskäytävillä ei ole selkeitä ohjeita, mikä asettaa haasteita savunpoiston mitoitukseen asuinrakennusten kerroskäytävillä. Käytössä on yleisiä tutkimustuloksia ja ohjeita savunpoiston mitoitukseen. Suurilta osin ne pohjautuvat tulipalon dynamiikkaan, savukaasujen ja ilman virtauksien mitoituksiin (Ehrnrooth 2010, 8).

Kun pitkissä kerroskäytävissä savukaasujen massa virtaa riittävän kauas palopesäkkeestä, niin se jäähtyessään painuu alas ja täyttää poistumisreittiä, mikä voi aiheuttaa hengenvaaran asukkaille. Jos kerroskäytävät ovat avoimia vain toisesta päästä, niin savukaasu ei poistu tällaisesta käytävästä, vaan asunnoista evakuoituvat ihmiset voivat joutua hengenvaaralliseen tilanteeseen (Reponen 2016, 9).

Ympäristöministeriön asetuksen mukaan tulipalon sattuessa rakennuksesta on voitava poistua turvallisesti. Myöskään kulkureittien pituus uloskäytäviin ei saa olla vaaraa aiheuttavan pitkiä (YA 848/2017, 18).

### 2.2 Tutkielman tavoitteet

Tutkielman tavoitteena oli tutkia eri muotoisten kerroskäytävien savunpoiston mitoitusta ja laskentamenetelmien eroavuudet ja luoda selkeät ratkaisumallit kerroskäytävien savunpoistoon. Samalla työ toimii ohjeistuksena suunnittelijoille savunpoiston suunnittelussa asuinrakennusten kerroskäytävillä. Tavoitteena oli myös tutkia erilaisten mitoitusten menetelmien vaikutusta savunpoiston suunnitteluun ja soveltaa näitä tarkasteltaviin kohteisiin.

## 2.3 Tutkielman rajausta ja tulos

Toimeksiantajan tarpeiden mukaisesti tässä työssä tutkitaan ainoastaan tutkittuja savunpoiston mitoitustapojen menetelmiä. Työssä tarkastellaan mitoitustapojen vaikutusta savunpoistoon asuinrakennusten kerroskäytävillä.

Mitoitustapojen menetelmät perustuvat seuraaviin ryhmiin:

- prosenttimitoitus
- kaavoihin perustuva mitoitustapa
- paineistusluokan C-mitoitus.

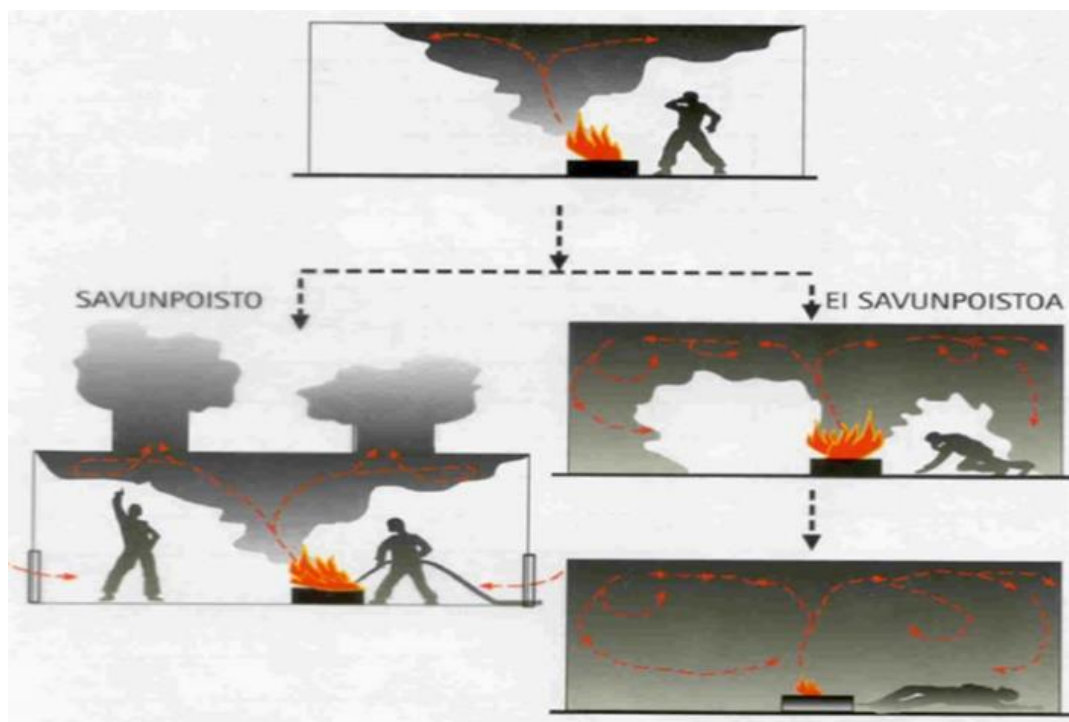
Asuinrakennusten kerroskäytävillä savunpoiston suunnittelusta tarvittavan tiedon pitää olla rakenteeltaan johdonmukaista ja helppolukuista. Opinnäytetyön perustuu työelämän tarpeisiin, joten työn tulisi toimia suunnittelijoiden ohjausmateriaalina. Opinnäytetyön tuotoksena syntyneen suunnitteluohjeen tehtävänä on helpottaa savunpoiston suunnittelun sujuvuutta ja nopeutta. Ohje antaa yksityiskohtaisempaa tietoa savunpoiston suunnittelusta asuinrakennusten kerroskäytävillä sekä toimeksiantajayritykselle että suunnittelijoille.

### 3 SAVUNPOISTO RAKENNUSTILASTA TULIPALOTILANTEESSA

Tässä luvussa esitetään savunpoiston keskeiset teoriat, jotka vaikuttavat savunpoiston suunnittelun ja mitoituksen valintaan.

#### 3.1 Savunpoiston tarkoitus

Savunpoistolla estetään savujen leviäminen rakennuksissa, varmistetaan ihmisten turvallinen poistuminen rakennuksesta sekä helpotetaan palokunnan pelastustoimintaa ja vähennetään omaisuus- ja ympäristövahinkoja. Savunpoistolaitteisto poistaa savua ja lämpöä palo-osastosta sekä vähentää haitallisia savukaasuja jälkivahinkojen pienentämiseksi. (Kuva 1).



Kuva 1. Savunpoiston tarkoitus (Pelastusopisto).

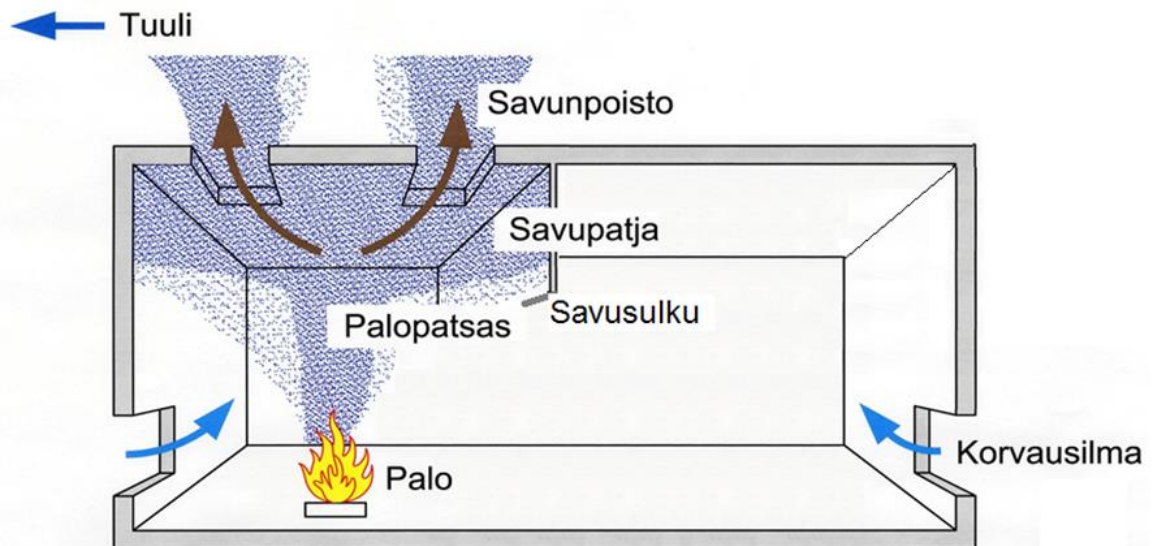
Rakennusten savunhallinta ja savunpoistolaitteistojen kunnossapito RT-ohjekortin (Ohje-ehdotus 2019, 3) mukaan savunpoiston periaatteena on

- varmistaa poistumisturvallisuus
- helpottaa pelastustoimintaa
- hidastaa tulipalon kehittymistä poistattamalla lämpöä rakennuksesta ulos
- estää palokaasujen syttyminen
- vähentää omaisuus- ja ympäristövahinkoja.

Savunpoistolla tehostetaan rakennuksen sammutus- ja pelastustoimintaa (YA 848/2017, 23).

### 3.2 Savunpoiston periaatteet

Palon alkuvaiheessa savu nousee ympäröivää ilmaa kevyempänä palavan tilan yläosaan ja leviää tilan ylärajassa. Katon rajassa savu viilenee ja laskee ilmaa raskaampana alas. Savun leviäminen koko tilan pinta-alalle estetään jakamalla tila savulohkoihin. Savulohkon kokoa rajoitetaan kattoon kiinnitetyillä savusuluilla. Savun poistaminen savunpoistolaitteistolla tilan yläosassa olevasta savulohkosta aiheuttaa tilaan alaosaan savuttoman alueen. (Kuva 2).



Kuva 2. Savunpoiston pääperiaatteet (RIL 232-2012, 81).

Savunpoisto toteutetaan joko koneellisesti tai painovoimaisesti ja käynnistetään joko käsin laukaisemalla tai automaattisesti. Savunpoiston toteuttamiseen käytetään laitteita

esimerkiksi seinälle tai kattoon asennettuja savunpoistoluukkuja, -ikkunoita tai puhaltimia.

Savunpoisto käynnistyy savunpoistoluukkujen tai -ikkunoiden kautta vasta sen jälkeen, kun korvausilmareitit on avattu. Savunpoistopuhallin käynnistetään viiveellä korvausilma-aukkojen avaamiseen jälkeen, koska alipaine voi rikkoa rakenteita ja aiheuttaa omaisuus- tai ihmisvahinkoja (RIL 232-2012, 19).

### 3.3 Savunpoistotasot

Ympäristöministeriön asetuksen rakennusten paloturvallisuudesta (848/2017, 23) mukaan sammutus- ja pelastustoiminnan tehostamiseksi rakennukseen on suunniteltava ja rakennettava sen eri tiloihin soveltuva mahdollisuus savunpoistoon. Asetuksen määräystä sovelletaan uusien rakennusten rakentamiseen sekä rakennusten laajentamiseen että rakennusten korjaus- ja muutostyöhön. Suunnittelun laadun toteuttamiseksi ja suorituksen helpottamiseksi rakennusten tiloja jaetaan kolmeen savunpoistotasoon (kuva 3).

- Savunpoistotason I tilat
  - Palokunnalla mahdollisuus savunpoistoon
- Savunpoistotason II tilat
  - Savunpoistolaitteisto helpottaa palokunnan toimintaa
- Savunpoistotason III tilat
  - Automaattinen savunpoisto turvaa ihmisten poistumista

Kuva 3. Savunpoistotasot (Kautto 2014).

### 3.4 Savunpoistotaso I

Savunpoiston suunnittelussa määritellään savunpoistotaso I silloin, kun savunpoisto täyttää asetuksen määräysten vaatimukset sekä rakennuksen osastoinnin, poistumisreittien ja rakenteiden luokkavaatimusten että henkilöturvallisuuden ja omaisuuden suojelun osalta (YA 848/2017, 3). Savunpoistotaso I ei vaadi mitoitusta savunpoiston suunnittelussa. Savunpoiston toteuttaminen tapahtuu palokunnan toimin ovien tai ikkunoiden kautta. Tähän tasoon kuuluvat esimerkiksi tavalliset asuinrakennukset (kuva 4), työpaikatilat, toimistot ja hoitolaitosten potilashuoneet.

Pienempien tilojen savu poistetaan usein viereisten tilojen kautta. Silloin savunpoiston suunnittelussa korostuvat etenkin henkilöriskit, palo-osastointi ja käyttötarkoitus (RIL 232-2012, 38).



Kuva 4. Rintamamiestalo (Englund 1945).

### 3.5 Savunpoistotaso II

Savunpoiston suunnittelussa määritellään savunpoistotaso II silloin, kun rakennusten tilojen savunpoiston toteutukselle vaaditaan tehostettua sammutus- ja pelastustoimintaa. Suunnittelu ja toteutus ovat haastavampia kuin savunpoistotasossa I. Savunpoiston mitoituksessa huomioidaan tilan korkeus, pinta-ala ja savuttoman alueen korkeus. Savunpoistotasossa II savunpoisto toteutetaan standardin mukaisella savunpoistojärjestelmällä, joka käynnistetään nopeasti palokunnan tai koulutetun pelastushenkilökunnan toimesta ohjauskeskuksesta (RIL 232-2012, 40).

Savunpoistotasoon II kuuluvat esimerkiksi

- kellarit tai autosuojat
- isot tuotanto- ja varastorakennukset (kuva 5).



Kuva 5. Orivillen tehdas Orimattilassa (RT 103001, 2018, 1).

### 3.6 Savunpoistotaso III

Savunpoistotaso III tarkoittaa savunpoistoa, jonka järjestelmä käynnistyy automaattisesti savuilmaisimen antamasta herätteestä. Kun savunpoistojärjestelmä saa käskyn



käynnistyä, niin ilmanvaihto ja palopellit sulkeutuvat kiinni, ja näin savu ei leviä toisiin palo-osastoituihin tiloihin. Savunpoiston suunnittelussa määritellään savunpoistotaso III silloin, kun savunpoiston tarkoituksena on turvata ihmisten poistuminen rakennuksesta palon alkuvaiheessa jo ennen palokunnan saapumista perille. Rakennuksen savunpoiston suunnittelun mitoitus perustuu oletettuun palonkehitykseen, ja mitoitus suureina ovat mitoittavan tilan mitoituspalo, korkeus, savuttoman alueen korkeus ja savupatjan lämpötila, joka saa olla enintään 200°C.

Savunpoistotason III kuuluvat esimerkiksi

- kauppakeskukset
- atriumtyyppiset tilat (kuva 6).



Kuva 6. Esimerkki atriumtyyppisestä asuinrakennuksen savunpoistosta (savunpoistotaso III), jossa käytetään automaattisesti toimivia savunpoistopuhaltimia (RIL 232-2012, 49).



### 3.7 Savunpoistoluokat

Savunpoiston mitoituksen helpottamiseksi rakennusten tilat luokitellaan niiden käyttötarkoituksen mukaan neljään savunpoistoluokkaan. Näitä luokkia käytetään savunpoistotaso I:n prosenttimitoituksessa, savunpoistotaso II:n mitoituskaavoissa ja savunpoistotaso III:n vakiopalotehoon perustuvassa mitoituksessa (RIL 232-2012, 45).

Tuotantotilat, varastot ja muut kohteet eritellään savunpoistoluokkiin SL1 - SL4. Rakennusten erilaiset tilat voidaan jaotella näiden käyttötarkoitusten kannalta eri savunpoistoluokkiin. Varastointikorkeus on olennainen tekijä varastotilan savunpoistoluokittelussa. Savunpoistoluokkien määrittelyssä huomioidaan myös palon kehittymisaika rakennuksissa, joissa poistumisaika on pitkä. Savunpoistoluokkiin kuuluvia tiloja havainnollistetaan taulukoissa 1, 2 ja 3. Tilojen luokitusta käytetään suuntaa antavina savunpoiston mitoituksessa, sillä samassa käyttötarkoituksessa on savunmuodostuksen osalta hyvin erilaisia tiloja (RIL 232-2012, 45).

Taulukko 1. Esimerkkejä savunpoistoluokan 1 tuotanto-, varasto- ja muista tiloista (RIL 232-2012,45).

Tuotantotila	Varasto	Muu kohde
<b>Savunpoistoluokka SL1 Varastointikorkeus enintään 4 m</b>		
Betoniteollisuuden tuotanto- ja varastotilat Kattilahuoneet ja -laitokset Kivenveistämö Konepajat Lasitehtaat Maalaamot, syttymättömät nesteet Meijerit (määrät tilat) Panimot (mallastamot SL 3) Selluloosatehtaat (märkäpää, muuten SL 3) Sementtiteollisuuden tuotantotilat Teurastamot Vedenpuhdistamot Vesivoimalat	Kuitulevyt Lääkkeet Lasi- ja keramiikkatavara Matot (vaahtomuovi ja -kumipohjaiset SL2) Metallitavarat Nahat Viirat ja huovat	Läm-mön-ja-kohuoneet Museot

Taulukko 2. Esimerkkejä savunpoistoluokan 2 tuotanto-, varasto- ja muut tilat (RIL 232-2012,46).

Tuotantotila	Varasto	Muu kohde
<b>Savunpoistoluokka SL 2 Varastointikorkeus enintään 6 m</b>		
Akkuteollisuus Dieselvoimala Kahvipaahtimot Keksitehtaat Keramiikkatehtaat Kirjansitomot Konepajojen kokoonpano-osastot Kuurimot Kutomot Lämpövoimalat Lääketehtaat Laboratoriot Maalaamot, jauhe- maalaus Magneettinauhateollisuus Makeistehtaat Makkaratehtaat Malmin- ja metallin käsittely ja muokkaus Margariinitehtaat Meijerit Metalli-, posliini- ja fajanssituotteet (kartonki- tai muovipakkauksissa) Metallikutomot Nahkatehtaat Ompelimot Pelti-, levy- ja metallilankaosastot Pesulat Puun lajittelutilat Sähkökonekorjaamot Säilyketehtaat Takomot Tekstiilitehtaat Tuotantosikalat ja -kanalat Vaatetehtaat	<u>Varastointikorkeus &lt; 4 m.</u>  Asfalttipaperirullat (vaakasuurassa) Huonekalut Jätepaperipaalit Korkkipaalit Lastulevy Linoleum Matot (vaahtomuovi ja -kumipohjaiset) Muovit (selluloidi SL 3 ja vaahtomuovi SL 3 tai SL 4) Pahvipakkaukset (palava sisältö) Palavat nesteet metalliastioissa Paperivarastot (paperirullat SL 2 tai SL 3) Puutavaraniput Puu villapaalit Sähkötarvikkeet Selluloosa- ja paperirullat (vaakasuurassa) Siirtomaatavarat Tekstiilit Vaatteet Valumallit puusta Vanerilevyt ja -viilut  <u>Varastointikorkeus 4- 6 m.</u> Kuitulevyt Lääkkeet Lasi- ja keramiikkatavara Matot (vaahtomuovi ja -kumipohjaiset SL 2) Metallitavarat Nahat Viirat ja huovat	Akkuhuone Asunto Auto- maatiotilat Autosuoja (henkilöautot) ATK-keskus IV-konehuone Hevostallit Hotellit IT-laitetilat Kahvilat Kappelit Kattilahuoneet Kirjastot Kirkot Koulut Kylmälaitetilat Lämminilma- kehitinhuoneet Majoitustilat Puhelinkeskukset Ravintolat Suurnavetat Sosiaalitalat Sähkötilat Trukkilataamo Toimistot Urheiluhallit Valvomotilat Vankilat (avoimet osastot) Varavoima-konehuone Viestikeskukset Yliopisto- ja korkeakoulurakennukset

Taulukko 3. Esimerkkejä savunpoistoluokan 3 tuotanto-, varasto- ja muut tilat (RIL 232-2012,47).

<p>Bitumipaperitehtaat Kattohuopatehtaat Kemianteollisuus Kumitehtaat Lentokonehallit Lujitemuovitehtaat Maalitehtaat Mattotehtaat (vaahtomuovia ja -kumia käyttävät) Öljynpuhdistamot Pyrotekniset tehtaat Ruiskumaalaamot Selluloiditehtaat Turpeen käsittelylaitokset ja turvevoimalat Vaahtokumi- ja muovitehtaat</p>	<p><u>Varastointikorkeus &lt; 4 m.</u></p> <p>I ja II lk. palavien nesteiden varastot Asetyleenikeskus Jätepaperi löysänä Lastuvilla löysänä Vaahtomuovi- ja kumivarastot</p> <p><u>Varastointikorkeus 4 - 6 m.</u></p> <p>Asfalttipaperirullat (pystysuorassa) Bitumilla tai vahalla päällystetty paperi Kaikki vaahtomuovipakkaukset Kuivarehuvarastot Kumituotteet (vaahtokumi SL 4) Lastuvillapaalit Mekaanisen puuteollisuuden tuotevarastot Palavat nesteet lasi ja muoviasioissa Puiset kuormalavat ja kuormalavalaatikot Rimoitettu puutavara Selluloidi Selluloosa- ja paperirullat (pystyssä) Viljavarastot Öljyvarastot</p>	<p>Arkisto</p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------

Atriumtyyppiset asuin-, liike-, majoitus- ja julkisrakennukset sekä näihin rinnastettavat kohteet (taulukko 4), joissa on valokatteisia tai muita vastaavia tiloja, edustavat omaa savunpoistoluokkaa (RIL 232-2012, 49).

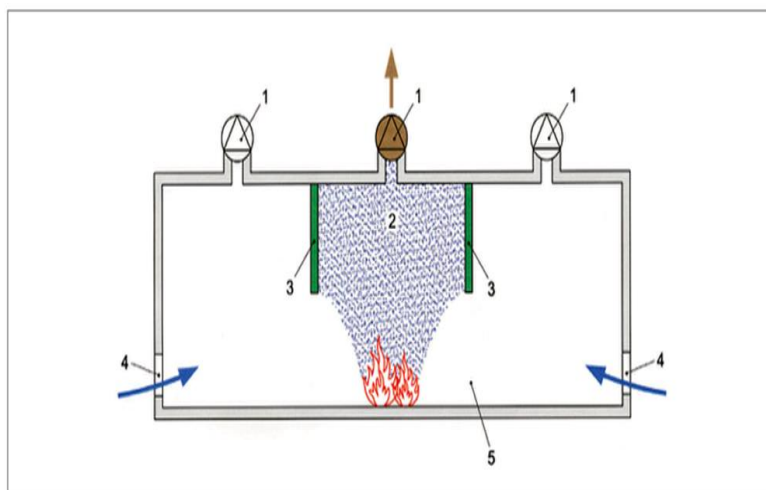
Taulukko 4. Atriumtyyppisien tilojen esimerkkejä (RIL 232-2012,49).

Rakennus	Rakennuksessa oleva tila
Eri tyyppiset rakennukset	Valokatteiset atriumtilat
Katetut kävelykadut	Katetut kävelykadut
Toimistorakennukset	Korkeita aulatiloja tai parvia
Kauppakeskukset	Korkeita aulatiloja tai parvia
Hotellit	Korkeita aulatiloja tai parvia
Rautatieasemat	Korkeita aulatiloja tai parvia
Asuinrakennukset	Korkeita aulatiloja tai parvia

### 3.8 Koneellinen savunpoisto

Koneellista savunpoistoa käytetään silloin, kuin painovoimainen savunpoisto on mahdollista toteuttaa tai sen toteuttaminen on kustannukseltaan kalliimpi. Se soveltuu monikerroksiin rakennuksiin ja maanalaisiin tiloihin, joissa savukaasujen lämpötila on alhainen ja savunpoistoon käytetään kanavointia. Sprinklerijärjestelmällä varustetussa rakennuksessa jo tulipalon alkuvaiheessa savukaasujen lämpötila laskee ja savunpoisto palavasta tilasta toteutetaan koneellisesti (Ilmastointilaitoksen mitoitus. Osa 2, 379).

Rakennuksen tulipalossa syntyvää savua ja lämpöä tulee poistaa palavasta tilasta mahdollisimman nopeasti. Koneellisella savunpoistolla (savunpoistotaso III) turvataan ihmisten poistumismahdollisuus palavasta tilasta. Koneellinen savunpoisto toteutetaan joko kattoon tai seinään asennetulla puhaltimella tai savunpoistokanavien kautta savunpoistopuhaltimien avulla (kuva 7). Tulipalon alkuvaiheessa puhaltimet käynnistyvät automaattisesti (savunpoistotaso III) tai käynnistetään palokunnan toimin (RIL 232-2012, 115).

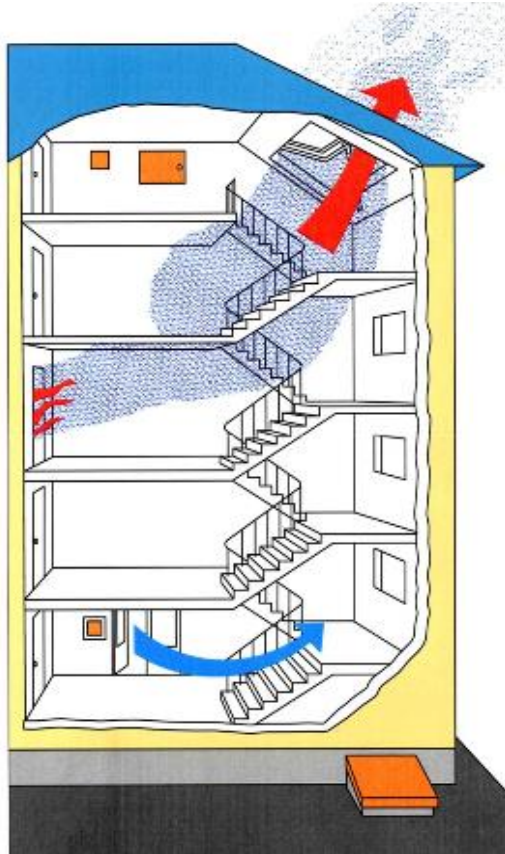


- 1 Savunpoistopuhaltimet
- 2 Savupatja
- 3 Savusulut
- 4 Korvausilma-aukot
- 5 Palo-osasto

Kuva 7. Koneellinen savunpoisto yhdestä palo-osastosta kattoon asennetulla puhaltimella (RIL 232-2012, 118).

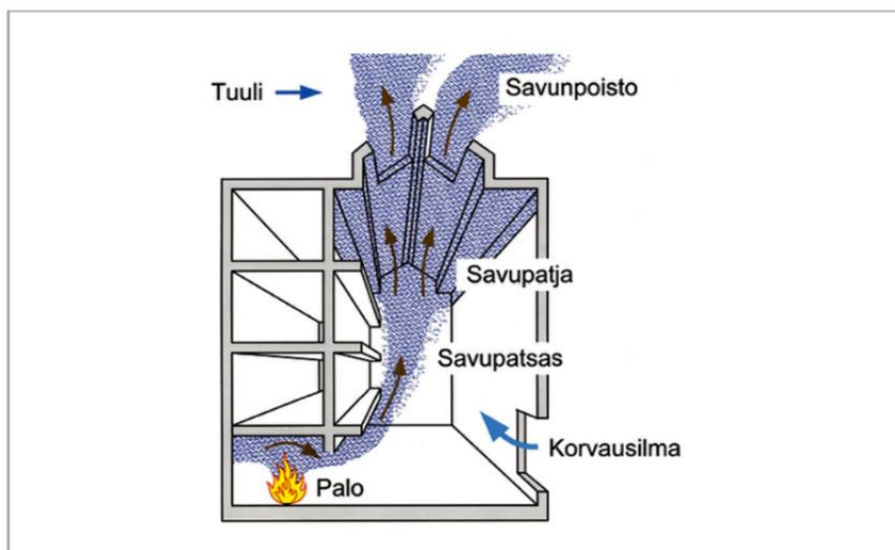
### 3.9 Painovoimainen savunpoisto

Savunpoistolla varmistetaan ihmisten poistumisturvallisuus (savunpoistotaso III), palokunnan toiminnan helpottaminen, omaisuus- ja ympäristövahinkojen torjuminen. Painovoimainen savunpoisto toteutetaan savunpoistoluukkujen kautta (kuva 8). Luukut avautuvat tai avataan palon alkuvaiheessa. (RIL 232-2012, 14.) Kuvassa 8 palolämpötilan nousu tehostaa savunpoistoa rakennustilasta ylimpään kerrokseen asennetun savunpoistoluukun kautta.



Kuva 8. Painovoimainen savunpoisto (RIL 232-2012, 52).

Kuvassa 9 savunpoisto atriumtiloissa toteutetaan johtamalla savu ensin sivutilasta atriumtilaan ja siitä edelleen katon savunpoistoluukkujen kautta ulkoilmaan (RIL 232-2012, 82).



Kuva 9. Painovoimainen savunpoisto atriumtiloista (RIL 232-2012, 82).

### 3.10 Paineistus

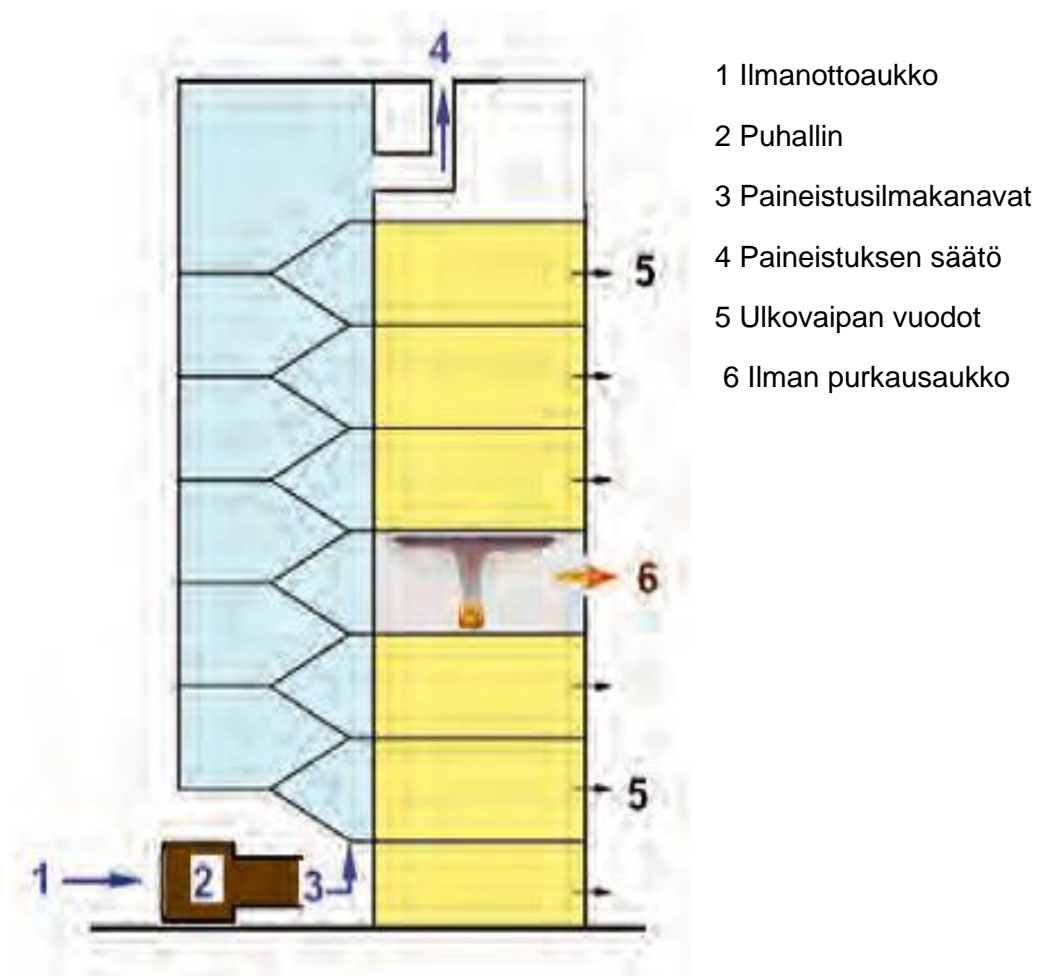
Paineistamisella rajoitetaan tai estetään savun ja lämmön virtausta viereisiin tiloihin. Paineistusjärjestelmiä hyödynnetään tyypillisesti poistumisreittinä toimivan porraskuilun paineistamiseen (SFS-EN 12101-3:2006, 8).

Paineistus jaetaan seuraaviin yleisperiaatteisiin:

- Palotilanteessa paineistuspuhaltimien toiminta perustuu poistumisteiden pitämiseen ylipaineisina ja savuttomina, jolloin voidaan poistua turvallisesti palavasta rakennuksista.
- Paineistusilmavirran laskennassa otetaan huomioon rakennuksessa olevat vuotoreitit ja paineistusluokat.
- Paineistussäädön toiminnalle asetetaan korkeat vaatimukset ilmavirran suuren muutostarpeen takia. Säätoiminnolla turvataan paineistuksen tasoa.
- Paineistuspuhaltimen toiminnalle voidaan asettaa savunpoistovaatimus, jonka ominaisuus käytetään puhallussuunnan vaihdolla (Sandberg 2014, 381).

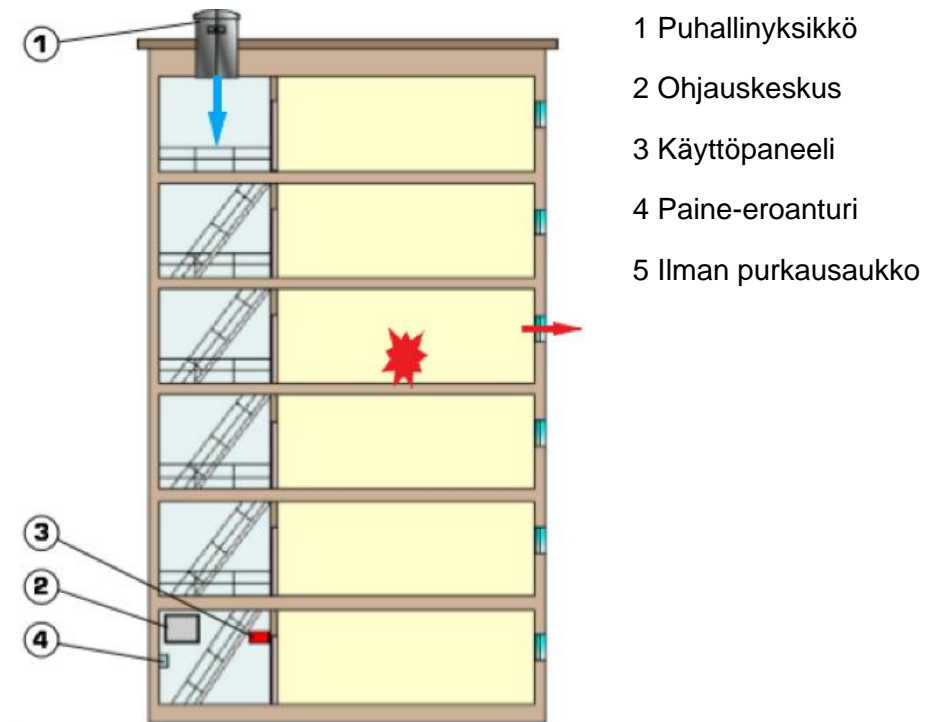
Kuvassa 10 on esitetty tavanomainen paineistulaitteisto, jolloin korvausilma otetaan alhaalta. Asuintiloja on kuvattu keltaisella värillä ja porraskäytävää sinisellä värillä (RIL 232-2012, 126).



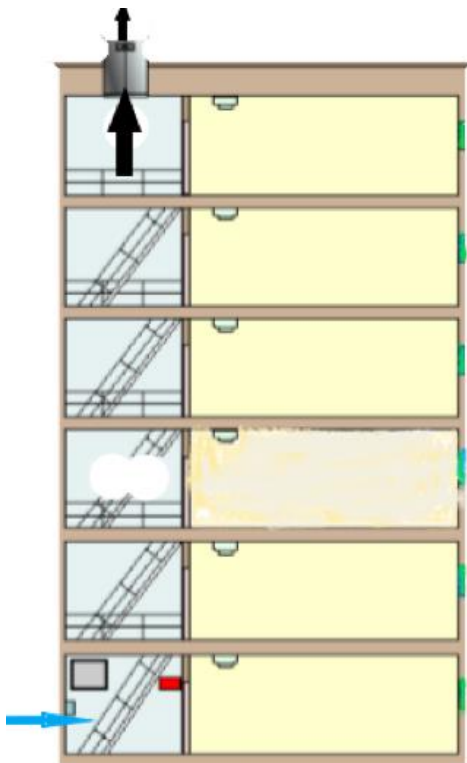


Kuva 10. Porrashuoneen paineistuksen periaate (RIL 232-2012, 126).

Porrashuoneen paineistus käynnistetään tulipalon alkuvaiheessa. Korvausilma otetaan ylhäältä ja ohjattavalla puhaltimella toteutetaan tilanteen mukaan porrashuoneiden paineistus (kuva 11). Kun palokunta saapuu paikalle, palomiehet valitsevat käyttöpaneelistä tilanteeseen sopivaan vaihtoehtoon paineistuksen ja savunpoiston käytön suhteen (kuva 12) (Fläkt Woods 2008, 5).



Kuva 11. Porrashuoneen paineistuksen periaate (Fläkt Woods 2008, 4).

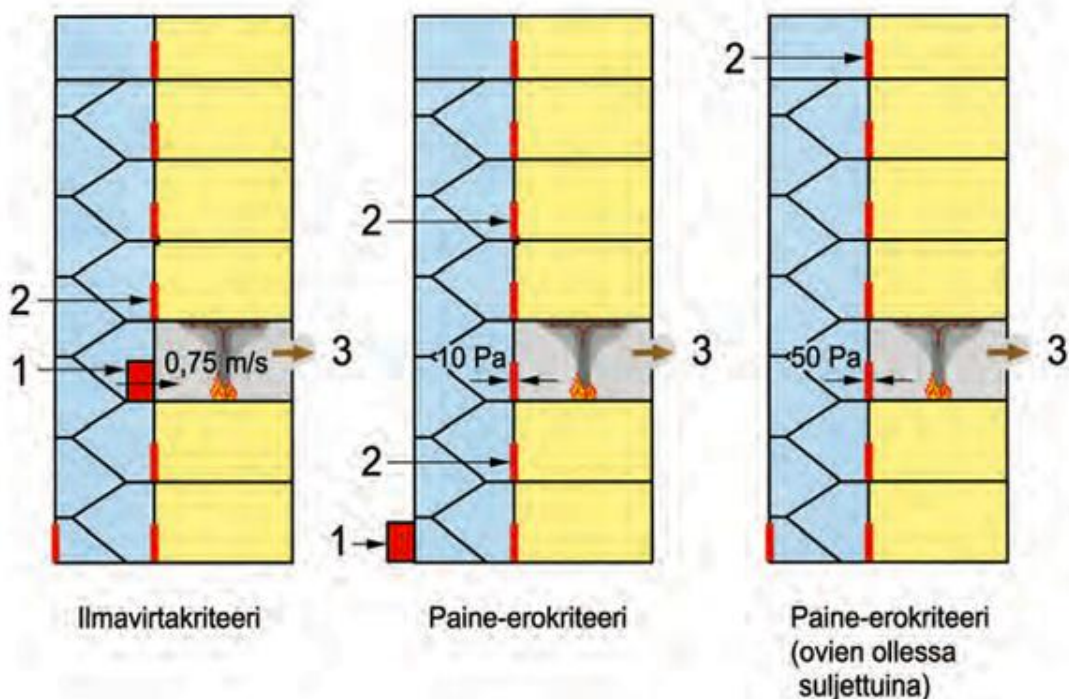


Kuva 12. Järjestelmän toiminta savunpoiston tilanteessa. (Fläkt Woods 2008, 5).

Paineistuslaitteiston toiminnalla tavoitetaan paine-eroa palavan ja suojattavan tilojen välillä. Paineistuksella estetään savun leviämistä palotiloista. Esimerkiksi kerroskäytävä voidaan ylipaineistaa, jolloin estetään savun leviäminen kerroskäytävään ja taataan turvallinen poistuminen tilasta (Sandberg 2014, 381).

Paineistuslaitteistot tyypitetään niiden vaatimusten mukaan A-, B-, C-, D-, E- ja F-paineistusluokkiin. Riskitarkasteluun perustuen paineistus voidaan toteuttaa muilla tavoilla, esimerkiksi asuinkerrostalojen korjausrakentamisessa (RIL 232-2012, 127).

Kerroskäytävä mitoitetaan paineistusluokan C mukaisesti. Sen käyttö perustuu poistumisen turvaamiseen ja samanaikaiseen pelastustoimintaan. Paineistusluokan C mukaan paineistuksella saatu ilmavirta pitää savuttomana porraskäytävän poistumisreitit. Kuvasssa 13 on esitetty paineistusluokan C:n mitoituksen pääperiaatteet. Ilmavirran virtausnopeus on vähintään 0,75 m/s ovien kohdalla asuinhuoneistoon, kun syttyneen kerroksen ovet paineistetusta porraskäytävästä asuinhuoneistoon ovat auki. Paine-ero on 50 Pa paineistetun porraskäytävän ja palotilan välillä. Paine-ero on 10 Pa paineistetun porraskäytävän ja palotilan välillä, kun ulko-ovi on avattu (RIL 232-2012, 130).



Kuva 13. Paineistusluokan C suunnittelutilanne: 1 Ovi auki, 2 Ovi kiinni ja 3 Ilmanpurkausaukko (RIL 232-2012, 130).

Savunpoistosuunnittelun johtavan asiantuntijan Jorma Suden mukaan paineistusluokan C:n mittaustulosten toleranssi on  $\pm 20 \%$ . Arvio perustuu pitkään kokemukseen paloturvallisuuden alalta.

### 3.11 Savunpoiston korvausilma

Savunpoistojärjestelmän kunnossapito-ohjeen mukaan korvausilmalla tarkoitetaan ilmaa, joka vuotaa sisätiloihin rakennuksen vaipassa olevan aukon kautta. Painovoimaisessa savunpoistosuunnittelussa korvausilman saanti toteutetaan seinien alaosissa olevista raoista tai ovista (kuva 14) (Keravent 2017, 11).

Korvausilma-aukkojen määrä ja pinta-ala ovat savunpoiston toiminnan olennaiset komponentit, jotka vaikuttavat savunpoiston tehokkuuteen. Savunpoistotason II painovoimaisessa savunpoiston suunnittelussa savulohkojen korvausilma-luukkujen pinta-ala mitoitetaan vähintään yhtä suureksi kuin savunpoistaukkojen pinta-ala. Savunpoistotason II koneellisessa savunpoiston suunnittelussa korvausilma-luukkujen tai ovien pinta-ala lasketaan jakamalla savunpoistoilmavirta korvausilman maksiminopeudella (RIL 232-2012, 121).

Korvausilmaluukkujen geometrisen pinta-alan alaraja koneellisessa savunpoistossa mitoitetaan niin, että savunpoiston käydessä oletetaan ilmavirran maksiminopeudeksi 5 m/s (Jantunen, J. 45).

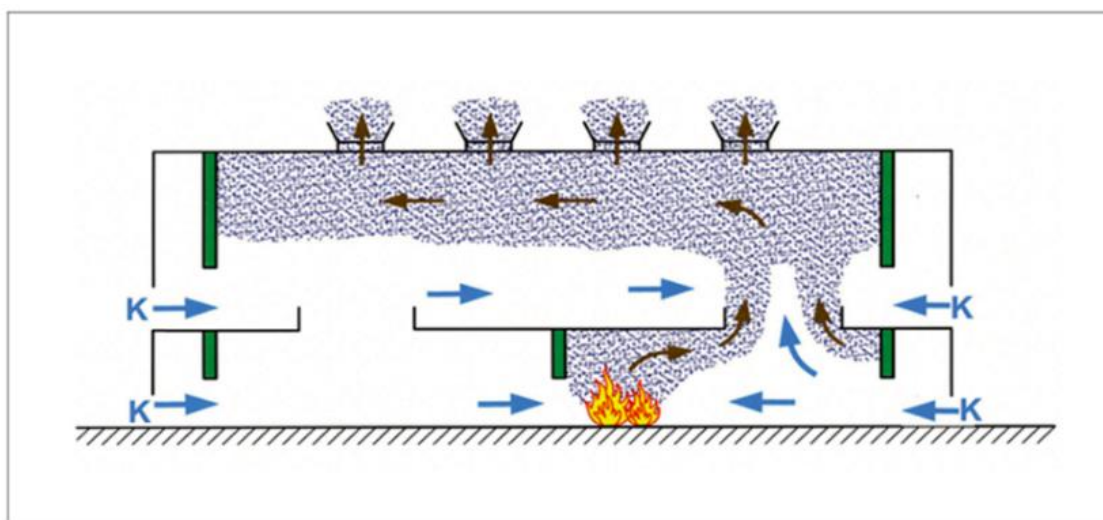
Korvausilma-aukot jaetaan kuuteen tasoon:

- a. aina auki olevat korvausilma-aukot
- b. korvausilma-aukoiksi suunnitellut luukut
- c. tavalliset ovet ja ikkunat
- d. koneellisesti aukeavat luukut, ovet ja ikkunat
- e. a-d-kohtien yhdistelmät
- f. automaattisen savunpoiston yhteydessä automaattisesti tuotettu korvausilma.

Tavallisesti korvausilman saanti tapahtuu joko pysyvästi avoimista aukoista tai aukot avataan manuaalisesti tai automaattisesti (RIL 232-2012, 175).

Koneellinen savunpoiston korvausilmareitti avauduttava ennen savunpoistopuhaltimen käynnistystä. RIL 232-2012:n mukaan ”korvausilma-reittien toiminta toteutetaan 60 sekunnissa avausimpulssista ja ne pysyvät auki asennossa eivätkä sulkeudu korvausilma-virran vaikutuksesta” (RIL 232-2012, 175).

Savunpoistotason II tilojen vaatimuksena on asettaa korvausilma-aukot savusulkujen tason alapuolelle. Savunpoistotason III suunnitteluperusteena on savuttoman vyöhykkeen muodostaminen savupatjan alapuolelle (kuva 14) (RIL 232-2012, 121).



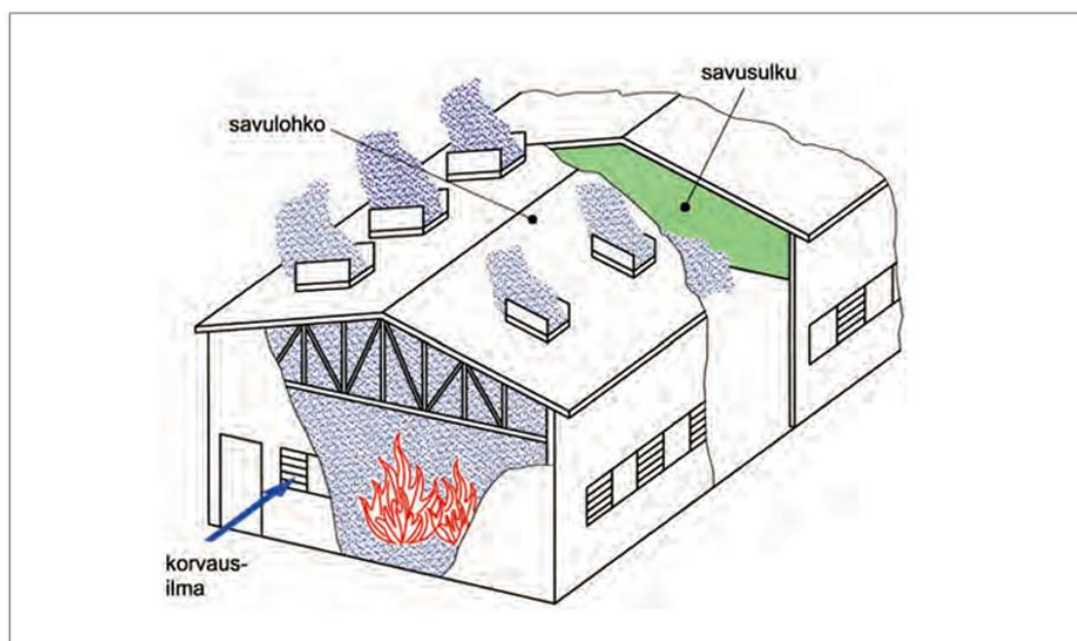
Kuva 14. Esimerkki korvausilma-aukkojen (K) sijoituksesta (RIL 232-2012, 122).

### 3.12 Olosuhteiden vaikutus savunpoistoon

RIL 232-2012:n mukaan suunniteltaessa savunpoistoa ”on huomioitava ulkoisten tekijöiden vaikutus savunpoiston tehokkuuteen. Ulkoisia tekijöitä ovat tuuli, lumi ja lämpötila sekä ympäristö. Jos savunpoistoluukut tai puhaltimet asennetaan vesikaton alle, jossa on esim. porrastuksien takia kinostumisvaara, pitää se ottaa huomioon luukkutyyppejä valittaessa ja luukkuja sijoitettaessa. Savunpoistoluukun ja savunpoistopuhaltimen suojakannen avautuminen ja auki pysyminen on varmistettava erilaisissa tuuli- tai lumikuormaolosuhteissa. Savun leviämisen vaikutus ympäristöön on otettava huomioon.” (RIL 232-2012, 51.)

### 3.13 Savulohkot

Savunpoiston suunnittelussa rakennuskohde jaetaan savulohkoihin. Savulohko rajoitetaan savusuluilla ja rajoituksella estetään savun leviäminen kohteessa palon alkuvaiheessa. Rakennuksessa toisistaan selvästi poikkeavat toiminnot sijoitetaan eri lohkoihin. Savunpoisto mitoitetaan niin, että savu pysyy mahdollisimman pitkän aikaa savulohkon yläosassa, jolloin ihmiset poistuvat turvallisesti palavasta tilasta. (Kuva 14).



Kuva 15. Savulohkojen tarkoituksena on rajoittaa savun leviäminen savulohkoa laajemmalle alueelle palon alkuvaiheessa (RIL 232-2012, 22).

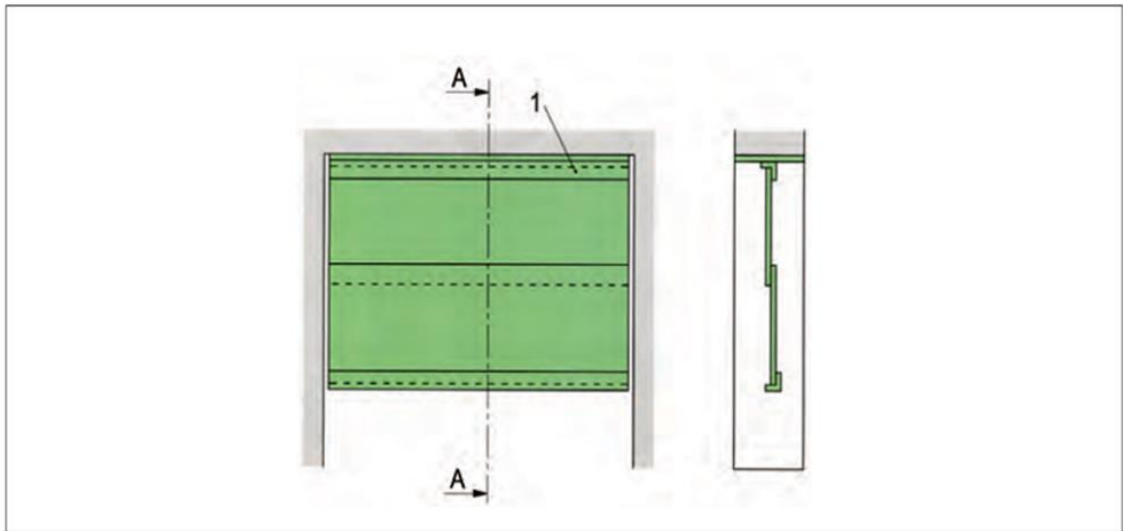
Rakennus jaetaan savulohkoihin niin, että savulohkon pinta-alat pysyvät sallituissa rajoissa. Jos savulohkon pinta-ala on suurempi kuin sallittu pinta-ala, niin savulohkon reuna-alueilla savu jäähtyy ja laskeutuu alas ja estää lopulta poistumisen palavasta tilasta. RIL 232:n mukaan painovoimaisessa savunpoistossa savulohkon suurin sallittu pinta-ala on 2 000 m<sup>2</sup> ja 2 600 m<sup>2</sup> koneellisessa savunpoistossa. Savulohkon pituus ei saa ylittää 60 metriä (RIL 232-2012, 61).

### 3.14 Savusulut

Savusuluilla erotetaan savulohkoja toisistaan. Savusulut voivat olla joko kiinteärakenteisia, esimerkiksi kerroskäytävän varustetaan savusulkuovella, tai alas laskeutuvia paloa kestäviä ja tiiviitä savuverhoja (RIL 232-2012, 176). (Kuva 16.)

Savusulkujen tyypilliset käyttösovellukset ovat

- savulohkoa rajoittava rakenteet
- aukkojen savusulut
- käytävän sulkeminen.



Kuva 16. Esimerkki kiinteästä savusulusta, joka on joustavaa tai jäykkää materiaalia (RIL 232-2012, 177).

## 4 SAVUNPOISTON MITOITUSMENETELMÄT

Tässä luvussa esitetään ne peruskaavat ja mitoitusmenetelmät, joilla savunpoiston virtaustekninen mitoitus voidaan yleisimmissä tapauksissa tehdä.

### 4.1 Savunpoiston mitoitus lyhyesti

Ennen savunpoiston suunnittelun aloittamista selvitetään savunpoiston tarkoitus rakennuksessa. Savunpoiston suunnittelussa otetaan huomioon myös savunpoistolaitteiston toimintavarmuus. Kun savunpoiston mitoittamiselle on valittu oikea perusta, valitaan mitoitushje (RIL 232-2012, 64).

Ympäristöministeriön asetuksen rakennusten paloturvallisuudesta 42 §:n mukaan savunpoisto rakennuksissa järjestetään pelastustoiminnan tehostamiseksi. Palo-osastoiduista hissikuiluista ja uloskäytävistä toteutetaan savunpoisto ja myös korvausilman saanti tiloihin. Savunpoisto järjestetään savunpoistoluukkujen, savunpoistoikkunoiden, savunpoistopuhaltimien tai oleskelutiloihin asennettujen helposti avattavien ikkunoiden avulla, jos savunpoiston toteuttaminen sitä vaatii (YA 848/2017, 23).

### 4.2 Prosenttimitoitus

Savunpoiston mitoitus suoritetaan yleensä asetuksessa määriteltyihin käyttötarkoituksen mukaisiin palokuormaryhmiin (taulukko 5). Tuotanto- ja varastorakennusten savunpoisto mitoitetaan tilan savunpoistoluokkaan ja suojaustasoon perustuen (taulukko 6). Prosenttimitoituksen laskennassa savunpoiston määrä annetaan suoraan  $m^2$ :nä savunpoistoluukuille. Savunpoiston määrä voidaan mitoittaa käyttämällä vakiosuhdetta (%) tarkasteltavan tilaan ja savunpoistopinta-alan välillä. Mitoituksen lähestymistapa ei ota huomioon tulipalon ominaisuuksia. Laskennan tuloksina saadaan savunpoistoluukkujen geometrinen pinta-ala ( $m^2$ ) ja koneellisessa savunpoistossa savunpoiston ilmavirta ( $m^3/s$ ) (RIL 232-2012, 66).



Taulukko 5. Ympäristöministeriön muistion prosenttimitoitusta taulukon PM3 mukaan (Jantunen, J. 45).

Käyttötarkoituksen mukainen palokuormaryhmä	Rakennusta ei ole varustettu tarkoitukseen sopivalla automaattisella sammutuslaitteistolla <sup>1)</sup>	Rakennus on varustettu tarkoitukseen sopivalla automaattisella sammutuslaitteistolla <sup>1)</sup>
Alle 600 MJ/m <sup>2</sup>	1,0 %	0,5 %
600 – 1200 MJ/m <sup>2</sup>	1,5 %	0,5 %
Yli 1200 MJ/m <sup>2</sup>	2,0 % <sup>2)</sup>	0,5 %
<sup>1)</sup> Painovoimaisessa savunpoistossa savunpoistoon käytettävien aukkojen aerodynaamisesti vapaa aukkopinta-ala saadaan taulukossa esitetyn prosenttiluvun ja huoneistoalan tulona. Koneellisessa savunpoistossa mitoitusvirtaama saadaan taulukossa esitetyn prosenttiluvun, huoneistoalan ja kertoimen 1 m/s tulona. <sup>2)</sup> Voi olla korkeampi perustuen esimerkiksi varastoitavan tavaran suureen savuntuottoon ja palotehoon		

Taulukko 6. RIL 232:n prosenttimitoitusta taulukon 9 mukaisesti (RIL232-2012, 72).

Tilan suojaustaso	Palovaarallisuusluokka 1	Palovaarallisuusluokka 2
1–2	0,25–2,0 %	2,0–5,0 %
3	0,15–0,5 %	0,0–1,0 %

Suojaustaso 1: tavanomainen alkusammutuskalusto

Suojaustaso 2: paloilmoitinlaitteisto ja alkusammutuskalusto

Suojaustaso 3: automaattinen sammutuslaitteisto

#### 4.3 Kaavoihin perustuva mitoitus

Savunpoiston mitoitusparametreina ovat savulohkon savunpoistoluokka, korkeus ja pinta-ala sekä savuttoman vyöhykkeen korkeus. Savunpoiston mitoituksessa otetaan huomioon myös automaattinen sammutuslaitteisto. Asuintiloissa sekä niihin verrattavissa kohteissa savuton minimikorkeus on 2,5 m. Jos tilan korkeus on alle 2,5 metriä, silloin savuton korkeus on 80 % tilan korkeudesta (RIL 232-2012, 85).

Laskentakaavojen laskennassa yhdistetään tarvittavan savunpoiston määrän laskettavan tilan geometriseen pinta-alaan ja korkeuteen sekä mitoitettun savupatjan alareunan korkeuteen. Savunpoiston mitoituksessa ei oteta huomioon tulipalon palotehoa eikä savun muodostumista. Laskennan tuloksina saadaan painovoimaisessa savunpoistossa savunpoistoluukkujen tehollinen pinta-ala (m<sup>2</sup>) ja koneellisessa savunpoistossa savunpoiston ilmavirta (m<sup>3</sup>/s) (RIL 232-2012, 66).

#### 4.4 Savunpoistoluukkujen savunpoistopinta-alan mitoitus (savunpoistotaso II)

Painovoimaisessa savunpoiston suunnittelussa savulohkoon vaadittava savunpoistoluukkujen yhteenlaskettu savunpoistopinta-ala ( $A_v C_v$ ) lasketaan kaavasta 1

$$A_v C_v = k_{spr} \times \alpha \times A_{1600}$$

Kaava 1. Tehollinen savunpoistopinta-ala (RIL 232-2012, 74).

Kertoimella  $k_{spr}$  huomioidaan automaattisen vesisammutuslaitteiston vaikutuksen.

$k_{spr} = 1,0$  SL1...SL4-luokan kohteissa ei ole automaattista vesisammutuslaitteiston vaikutusta

$k_{spr} = 0,5$  SL1-luokan kohteissa

$k_{spr} = 0,25$  SL2...SL4-luokan kohteissa

Kertoimella  $\alpha$  huomioidaan savulohkon pinta-ala ( $A_s$ ) ja sen arvo lasketaan kaavasta 2

$$\alpha = A_s / 1600$$

Kaava 2. Kertoimen  $\alpha$  laskentakaava savunpoistoluukkujen mitoituksessa (RIL 232-2012, 75).

SL 2 savunpoistoluokan 1 600 m<sup>2</sup>:n savulohkon tilassa asennettujen savunpoistoluukkujen tehollinen kokonaispinta-ala  $A_{1600}$  saadaan kaavasta 3. Kaavan alapuolella on annettu minimiarvot tulevat kysymykseen lähinnä pienillä alle 4 metrin huonekorkeuksilla ja maksimiarvot suurilla yli 20 metrin huonekorkeuksilla.

$$A_{1600} = 6,89 \times Z \times Z / H - 0,31 \times (H - Z) - 8,2$$

$$7,0 \text{ m}^2 \leq A_{1600} \leq 80 \text{ m}^2$$

Kaava 3. Savunpoistoluukkujen tehollinen kokonaispinta-alan laskentakaava (RIL 232-2012, 75).

Edellä olevissa kaavoissa  $Z$  on savuttoman vyöhykkeen korkeus (m).

$Z$  = savusulun alareunan etäisyys lattiatasosta + 0,1 m

$$Z \geq H / 2,$$

jossa  $H$  on huonetilan korkeus.

Kaava 4. Savuton minimikorkeus ( $Z$ ), kun osaston pinta-ala on enintään 2 000 m<sup>2</sup> (RIL 232-2012, 75).

$$Z = 0,8 \times H$$

Kaava 5. Savuton minimikorkeus ( $Z$ ), kun osaston pinta-ala on yli 2 000 m<sup>2</sup> tilan korkeus  $H < 3,75$  m (RIL 232-2012, 75).

$$Z = 3 \text{ m}$$

Kaava 6. Savuton minimikorkeus (Z), kun tilan korkeus  $H < 6 \text{ m}$  (RIL 232-2012, 75).

$$N = A_v C_v / A_{ia},$$

jossa  $A_{iv}$  on yhden luukun tehollinen pinta-ala.

Kaava 7. Savulohkon alueelle sijoitettavien luukkujen lukumäärä (RIL 232-2012, 75).

Tehollisen pinta-alan arviointimenetelmää käytetään vain standardissa SFS-EN 12101-2:ssa esitettyihin luukkutyyppeihin (RIL 232-2012, 187). Yhden luukun tehollinen pinta-ala saadaan seuraavasta kaavasta 8, jos luukuista on tiedossa vain sen geometrinen pinta-ala ( $A_{iv}$ ):

$$A_{ia} = 0,4 \times A_{iv}$$

Kaava 8. Savunpoistoluukun tehollisen pinta-alan laskentakaava (RIL 232-2012, 76).

#### 4.5 Savunpoistopuhaltimien ilmavirran mitoitus (savunpoistotaso II)

Koneellisessa savunpoiston mitoituksessa savulohkoon vaadittava savunpoistopuhaltimien yhteenlaskettu ilmavirta ( $V_{\text{tot}}$ ) lasketaan kaavasta 9:

$$V_{\text{tot}} = k_{\text{spr}} \times \alpha \times V_{2000}$$

Kaava 9. Savunpoistopuhaltimien yhteenlaskettu ilmavirran laskentakaava (RIL 232-2012, 76).

Kertoimella  $k_{\text{spr}}$  huomioidaan automaattisen vesisammutuslaitteiston vaikutus.

$k_{\text{spr}} = 1,0$  SL1...SL4-luokan kohteissa ei ole automaattista vesisammutuslaitteiston vaikutusta

$k_{spr} = 0,5$  SL1-luokan kohteissa

$k_{spr} = 0,25$  SL2...SL4-luokan kohteissa

Kertoimella  $\alpha$  otetaan huomioon savulohkon pinta-ala ( $A_s$ ) ja sen arvo lasketaan kaavasta 10

$$\alpha = A_s / 2000$$

Kaava 10. Kertoimen  $\alpha$  laskentakaava savunpoistoluukkujen mitoituksessa (RIL 232-2012, 75).

SL 2 savunpoistoluokan 2 000 m<sup>2</sup>:n savulohkon tilassa asennettujen savunpoistopuhaltimien ilmavirta  $V_{2000}$  saadaan kaavasta 4. Kaavan alapuolella on annettu minimiarvot tulevat kysymykseen lähinnä pienillä alle 4 metrin huonekorkeuksilla ja maksimiarvot suurilla yli 20 metrin huonekorkeuksilla.

$$V_{2000} = 2.7 \times Z^{3/2} + 15$$

$$20,0 \text{ m}^3/\text{s} \leq V_{2000} \leq 130 \text{ m}^3/\text{s}$$

Kaava 11. Savunpoistopuhaltimien ilmavirran määrälaskentakaava (RIL 232-2012, 76).

Edellä olevissa kaavoissa  $Z$  on savuttoman vyöhykkeen korkeus (m).

$Z$  = savusulun alareunan etäisyys lattiatasosta + 0,1 m

$$Z \geq H / 3,$$

jossa  $H$  on huonetilan korkeus.

Kaava 12. Savuton minimikorkeus ( $Z$ ), kun osaston pinta-ala on 2 000 m<sup>2</sup> (RIL 232-2012, 76).

$$Z = H / 2$$

Kaava 13. Savuton minimikorkeus ( $Z$ ), kun osaston pinta-ala on enintään 2 600 m<sup>2</sup> (RIL 232-2012, 77).

$$Z = 0,8 \times H$$

Kaava 14. Savuton minimikorkeus (Z), kun osaston pinta-ala on yli 2 600 m<sup>2</sup> tai tilan korkeus  $H < 3,75$  m (RIL 232-2012, 77).

$$Z = 3 \text{ m}$$

Kaava 15. Savuton minimikorkeus, kun tilan korkeus  $H < 6$  m (RIL 232-2012, 77).

$$N = V_v / V_{iv},$$

jossa  $V_{iv}$  on yhden puhaltimen ilmavirta.

Kaava 16. Savulohkon alueelle sijoitettavien puhaltimien lukumäärä (RIL 232-2012, 77).

#### 4.6 Paineistusluokkaan C perustuva mitoitus

Paineistuksen suunnittelun lähtökohdat noudattavat standardin SFS EN 12101-6 paineistusluokka C:n vaatimuksia. Virtausnopeus ovien kohdalla paineistetusta porraskäytävästä asuinhuoneistoon on vähintään 0,75 m/s, kun syttyneen kerroksen ovet paineistetusta porraskäytävästä asuinhuoneistoon ovat auki ja ilmanpurkausreitti syttyneestä asuinhuoneistosta on auki. Muiden asuinhuoneistojen ovet ovat suljettuina. Mittaustulosten toleranssi on  $\pm 20$  % (RIL 232-2012, 130).

$$A_e = A_1 + A_2 + A_3 + \dots A_i \dots + A_N$$

Kaava 17. Rinnakkain sijaitsevien ovien tehollisen virtausalan laskentakaava (RIL 232-2012, 143).

Puhaltimella aikaansaatava ilmavirta paineistettuun tilaan määräytyy tilanteesta, jossa ovi on auki paineistamattomaan syttymishuoneistoon. Paineistusilmavirran  $V_p$

mitoituksessa käytetään rinnakkain sijaitsevien ovien tehollisen virtausalan arvoa. Laskennassa käytetään neljän oven pinta-alaa ja ilmavirran nopeutta  $q$ .

$$q = 0,75 \text{ m/s}$$

$$A_1 = 2 \text{ m}^2$$

$$A_2 = 2 \text{ m}^2$$

$$A_3 = 2 \text{ m}^2$$

$$A_4 = 2 \text{ m}^2$$

$$\text{Kaavasta 17 } A_e = 2 \text{ m}^2 + 2 \text{ m}^2 + 2 \text{ m}^2 + 2 \text{ m}^2 = 8 \text{ m}^2$$

Lasketaan paineistusilmavirta  $V_p$  ( $\text{m}^3/\text{s}$ ).

$$V_p = 0,75 \text{ m/s} \times A_e = 0,75 \text{ m/s} \times 8 \text{ m}^2 = 6,0 \text{ m}^3/\text{s}$$

#### 4.7 Vakiopalotehoon perustuva mitoitus (savunpoistotaso III)

Vakiopalotehon perustuva savunpoiston mitoituksessa käytetään tutkimusten tuloksena saatuja kaavoja. Menetelmässä noudatetaan annettuja rajoituksia, kuten savulohkojen pinta-aloja ja kaavojen soveltamisalueita. Savunpoiston suunnittelussa otetaan huomioon tilan geometria, paloteho, paloala, palon piiri ja etäisyys savupatjan alareunaan. Myös virtausesteet ja savusulkujen korkeudet vaikuttavat savunpoiston suunnitteluun. Mitoituksessa savupatjan lämpötila ja savuttoman vyöhykkeen korkeus toimivat mitoituskriteereinä.

Laskennan tuloksina saadaan vakiopalotehoon perustuva mitoituksessa savunpoistoluukkujen tehollinen pinta-ala ( $\text{m}^2$ ) ja koneellisen savunpoiston ilmavirta ( $\text{m}^3/\text{s}$ ). Myös mitoitetaan savusulkujen minimikorkeus ja savunpoistoaukkojen minimimäärä (RIL 232-2012, 66).

#### 4.8 Oletettuun palonkehitykseen perustuva mitoitus

Oletettuun palonkehitykseen perustuvassa mitoituksessa kaikki savunpoiston parametrit pitää antaa etukäteen. Mitoitusarvoina käytetään savupatjan lämpötilaa ja savuttoman vyöhykkeen korkeutta. Esimerkiksi savunpoistopinta-ala mitoitetaan valitulla yksinkertaisella menetelmällä. Laskennasta saatuja arvoja tarkastellaan, korjataan ja toistetaan laskennassa niin paljon, että lopputulos on tyydyttävä.

RIL 232:n mukaan ” laskenta suoritetaan palon alusta lähtien lyhyin aikavälein siten, että kunkin laskenta-aikajakson alussa käytetään lähtötietoina edellisen aikajakson lopussa laskettuja arvoja (savupatjan paksuus, lämpötila, ym.). Käyttämällä riittävän lyhyitä aikajaksoja päästään riittävään tarkkuuteen. Normaalisti voidaan käyttää yhden sekunnin aikajaksoja.” (RIL 232-2012, 103.)

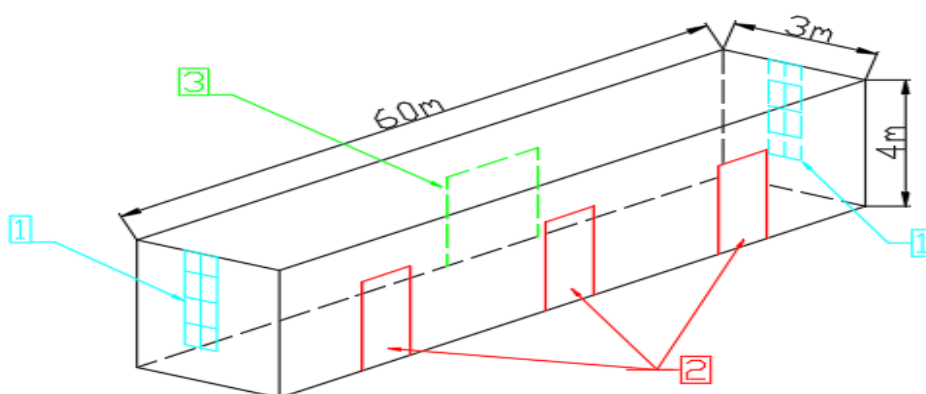


## 5 MITOITUSMENETELMIEN VÄLISET EROT

### VERTAILULASKENNASSA

Tässä luvussa esitetään painovoimaisen ja koneellisen savunpoiston mitoitusmenetelmien väliset erot vertailulaskentatarkastelussa. Kerroskäytävän luonnos on esitetty esimerkkinä kuvassa 14. Rakennuksessa on kerroskäytävä, joka on oma palo-osastonsa.

#### 5.1 Kaavoihin perustuva mitoitusesimerkki



Kuva 14. Kerroskäytävä. Painovoimainen ja koneellinen savunpoisto.

1. Ikkuna-aukko
2. Huoneiston ovi
3. Porraskäytävän ovi

Tiedot kerroskäytävästä:

- Savunpoistoluokka: SL2
- Savunpoistotaso II
- Pinta-ala:  $A_s = 180 \text{ m}^2$
- Tavanomainen tila voidaan rakentaa 1 savulohkona
- Sprinklerin vaikutuskerroin  $k_{\text{spr}} = 1$
- Korkeus  $H = 4 \text{ m}$

Painovoimaisessa savunpoiston mitoituksessa käytetään savunpoistoluukkujen yhteenlaskettua tehollista savunpoistopinta-alaa  $A_v C_v$  (savunpoistotaso II).

Savuttoman vyöhykkeen minimikorkeutena (Z) käytetään yli 2000 m<sup>2</sup>:n palo-osastossa, jossa ei ole savusulkua

$$Z = 3 \text{ m} + 0,1 \text{ m}, \text{ kun } H < 6 \text{ m} \text{ (kaava 6)}$$

Kaavasta 3 saadaan savunpoistoluukkujen tehollinen kokonaispinta-ala  $A_{1600}$

$$A_{1600} = 6,89 \times 3,1 \times 3,1 / 4 - 0,31 \times (4 - 3,1) - 8,2 = 9,0 \text{ m}^2$$

Kaavasta 2 lasketaan kerroin  $\alpha$ , jolla huomioidaan savulohkon pinta-ala ( $A_s$ ):

$$\alpha = A_s / 1600 = 180 / 1600 = 0,1125$$

Savulohkoon yhteenlaskettu savunpoistoluukkujen tehollinen savunpoistopinta-ala ( $A_v C_v$ ) lasketaan kaavasta 1

$$A_v C_v = 1 \times 0,1125 \times 9,0 \text{ m}^2 = 1,0 \text{ m}^2$$

Koneellisessa savunpoiston mitoituksessa käytetään savulohkoon vaadittava savunpoistopuhaltimien yhteenlaskettu ilmavirta  $V_{\text{tot}}$  (savunpoistotaso II).

Savuttoman vyöhykkeen minimikorkeutena (Z) käytetään, kun osaston pinta-ala on enintään 2 000 m<sup>2</sup>

$$Z \geq 4 \text{ m} / 3 = 1,3 \text{ m} \text{ (kaava 12)}$$

Savunpoistopuhaltimien ilmavirran  $V_{2000}$  määrä lasketaan kaavasta 11:

$$V_{2000} = 2,7 \times 1,3^{3/2} + 15 = 19 \text{ m}^3/\text{s} \text{ (ilmavirta 2000 m}^2 \text{ kohti)}$$

Kertoimella  $\alpha$  huomioidaan savulohkon pinta-ala ( $A_s$ ) ja sen arvo lasketaan kaavalla 10.

$$\alpha = A_s / 2000 = 180 / 2000 = 0,09$$

Ilmavirta saadaan kaavasta 9:

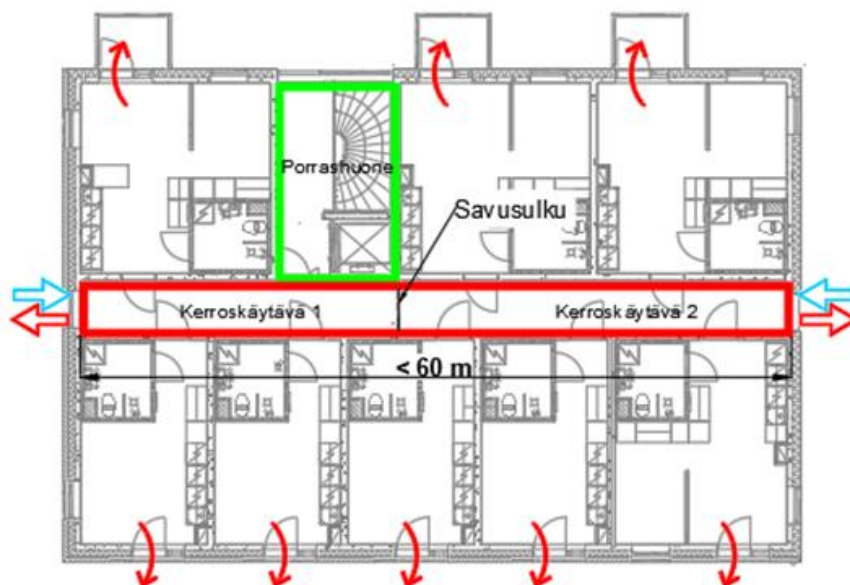
$$V_{\text{tot}} = 1 \times 0,09 \times 19 \text{ m}^3/\text{s} = 1,7 \text{ m}^3/\text{s}.$$

## 5.2 Mitoitusmenetelmien vertailulaskenta kohteessa A

Savunpoiston mitoitusparametreina ovat savulohkon savunpoistoluokka, korkeus ja pinta-ala sekä savuttoman vyöhykkeen korkeus.

Tiedot kerroskäytävästä

- suojaustaso 1–2
- asuinrakennusten yhtenäinen kerroskäytävä (pituus 80 m, leveys 2.0 m ja korkeus 4,0 m)
- $H = 4 \text{ m}$
- savunpoistoluokka SL2
- $A_s = 160 \text{ m}^2$
- porrashuoneen kohdalla kerroskäytävä jaetaan kahteen savulohkoon savusululla
- savunpoiston mitoitus prosenttimitoituksena ja kaavoilla
- painovoimaisesti käytävän päädyissä olevien ovien tai ikkunoiden kautta
- savunpoistotaso II
- Sprinklerin vaikutuskerroin kerroin  $k_{spr} = 1$  (käytävässä ei ole automaattista vesisammutuslaitteiston vaikutusta). (Kuva 15).



Kuva 15. Savunpoiston mitoitus kohteessa A.

Laskenta tehtiin eri mitoitusmenetelmällä. Ympäristöministeriön asetuksen rakennusten paloturvallisuudesta 7. §:n mukaan savunpoiston mitoituksessa kerroskäytävän palokuormaryhmälle käytettiin arvoa alle 600 MJ/m<sup>2</sup>. Savunpoistotasolle käytettiin arvoa 2 ja prosenttimitoitukset tehtiin taulukon 5 mukaan. RIL 232:n laskentakaavoja käytettiin savunpoiston mitoituksessa.

### 5.3 Savunpoistotaso II prosenttimitoitus

#### 5.3.1 Ympäristöministeriön prosenttimitoitus

Painovoimaisessa savunpoistossa aukkopinta-alan  $A$  laskentaan käytetään taulukossa 5 esitetyt prosenttiluku 1% ja kerroskäytävän pinta-ala  $A_s$ .

$$A = 1,0 \% \times A_s$$

$$A = 1,0 \% \times 160 \text{ m}^2 = 1,6 \text{ m}^2$$

Koneellisessa savunpoistossa mitoitusvirtaama  $V_{\text{tot}}$  lasketaan taulukossa 5 esitetyn prosenttiluvun 1%, huoneistoalan  $A_s$  ja kertoimen 1 m/s avulla.

$$V_{\text{tot}} = 1,0 \% \times A_s \times 1 \text{ m/s}$$

$$V_{\text{tot}} = 1,0 \% \times 160 \text{ m}^2 \times 1 \text{ m/s} = 1,6 \text{ m}^3/\text{s}$$

#### 5.3.2 RIL 232-2012:n mukainen prosenttimitoitus

Taulukossa 2 savunpoistoluukkujen kokonaispinta-ala  $A_{\%}$  on 1 % osaston lattia-alasta, kun kohteen palovaarallisuusluokka 1.

Alussa laskettiin painovoimaisessa savunpoistossa käytettyyn savunpoistoaukon geometrisen pinta-ala kerroskäytävällä seuraavasta kaavasta:

$$A = A_{\%} \times A_s$$

$$A = 1,0 \% \times 160 \text{ m}^2 = 1,6 \text{ m}^2$$

Sen jälkeen laskenta tehtiin koneellisessa savunpoistossa käytettyyn puhaltimen ilma-  
virran vähimmäisarvo seuraavasta kaavasta:

$$V_{\text{tot}} = 1,0 \% \times A_s \times 1 \text{ m/s} = 1,6 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V_{\text{tot}} = 1,0 \% \times 160 \text{ m}^2 \times 1 \text{ m/s} = 1,6 \text{ m}^3/\text{s}$$

Saatujen arvojen vertailussa keskenään huomataan, ettei painovoimaisessa eikä ko-  
neellisessa savunpoiston yksinkertaisilla prosenttimitoituksilla ollut poikkeamia. Saatujen  
tulosten perustella voidaan todeta, että prosenttimitoitusmenetelmä on luotettava ja sopii  
savunpoiston mitoitukseen kerroskäytävillä.

#### 5.4 Savunpoistotaso II mitoitus RIL 232-2012:n kaavojen mukaisesti

Alussa tehdään laskenta painovoimaisessa savunpoistossa käytetyn savunpoistoluokan  
2 kerroskäytävän alueelle sijoittavan savunpoistoluukun tehollinen pinta-ala  $A_{1600}$  kaa-  
vasta 1. Laskennassa käytetään savuttoman vyöhykkeen korkeus (Z), jonka laskenta  
tehdään kaavalla 6, silloin kuin huonekorkeuden minimiarvo on alle 4 m ja maksimiarvo  
on yli 20 m. Kaavasta 3 tehdään laskenta kertoimelle  $\alpha$ , jolla huomioidaan kerroskäytä-  
vän pinta-alan  $A_s$ . Kaavasta 1 tehdään laskenta savunpoistoluukun teholliselle savun-  
poistopinta-alalle  $A_v C_v$ .

Savuttoman vyöhykkeen minimikorkeutena (Z) käytetään yli 2 000 m<sup>2</sup>:n palo-osastossa,  
jossa ei ole savusulkua:

$$Z = 3 \text{ m} + 0,1 \text{ m}, \text{ kun } H < 6 \text{ m (kaava 6)}$$

Kaavasta 3 saadaan savunpoistoluukkujen tehollinen kokonaispinta-alan  $A_{1600}$

$$A_{1600} = 6,89 \times 3,1 \times 3,1 / 4 - 0,31 \times (4 - 3,1) - 8,2 = 8,1 \text{ m}^2$$

Kaavasta 3 lasketaan kerroin  $\alpha$ , jolla huomioidaan savulohkon pinta-alan ( $A_s$ ):

$$\alpha = A_s / 1600 = 180 / 1600 = 0,11$$

Savulohkoon yhteenlaskettu savunpoistoluukkujen tehollinen savunpoistopinta-ala  
( $A_v C_v$ ) lasketaan kaavasta 1:

$$A_v C_v = 1 \times 0,11 \times 8,1 \text{ m}^2 = 0,89 \text{ m}^2$$

Savunpoiston koneellisessa mitoituksessa lasketaan käytetyn savunpoistoluokan 2 kerroskäytävän alueelle vaadittava savunpoistopuhaltimien yhteenlaskettu ilmavirta  $V_{\text{tot}}$  kaavasta 9. Laskennassa käytetään savuttoman vyöhykkeen korkeus (Z), jonka laskenta tehdään kaavalla 12, silloin kun mitoittavan kohteen pinta-ala on enintään 2 000 m<sup>2</sup>. Savunpoistopuhaltimien ilmavirran  $V_{2000}$  määrä lasketaan kaavasta 11. Kaavasta 10 tehdään laskenta kertoimelle  $\alpha$ , jolla huomioidaan kerroskäytävän pinta-alan  $A_s$ . Kaavasta 9 saadaan arvo ilmavirralla  $V_{\text{tot}}$ .

Savuttoman vyöhykkeen minimikorkeutta (Z) käytetään, kun osaston pinta-ala on enintään 2 000 m<sup>2</sup>:

$$Z = 4 \text{ m} / 3 = 1,33 \text{ m} + 0,1 \text{ m} = 1,43 \text{ m} \text{ (kaava 12)}$$

Savunpoistopuhaltimien ilmavirran  $V_{2000}$  määrälaskenta lasketaan kaavasta 11

$$V_{2000} = 2,7 \times 1,43^{3/2} + 15 = 19,6 \text{ m}^3/\text{s}$$

Kertoimella  $\alpha$  huomioidaan savulohkon pinta-alan ( $A_s$ ) ja sen arvo lasketaan kaavalla 10:

$$\alpha = A_s / 2000 = 160 / 2000 = 0,08$$

Ilmavirta saadaan kaavasta 9:

$$V_{\text{tot}} = 1 \times 0,08 \times 19,6 \text{ m}^3/\text{s} = 1,57 \text{ m}^3/\text{s}.$$

### 5.5 Paineistuksen mitoituslaskelmat kohteessa A

Virtausnopeus ovien kohdalla paineistetusta porraskäytävästä asuinhuoneistoon on vähintään 0,75 m/s, kun syttyneen kerroksen ovet paineistetusta porraskäytävästä asuinhuoneistoon ovat auki ja ilmanpurkausreitti syttyneestä asuinhuoneistosta on auki. Muiden asuinhuoneistojen ovet ovat suljettuja. Mittaustulosten toleranssi on  $\pm 20\%$ .

Paineistusilmavirran  $V_p$  laskennassa käytetään ovien pinta-aloja  $A_e$  ja ilmavirran nopeutta  $q$ .

$$q = 0,75 \text{ m/s}$$

$$A_1 = 2 \text{ m}^2$$

$$A_2 = 2 \text{ m}^2$$

Kaavasta 17 saadaan tehollisen virtausalan arvo seuraavasti:

$$A_e = A_1 + A_2$$

$$A_e = 2 \text{ m}^2 + 2 \text{ m}^2 = 4 \text{ m}^2$$

Paineilmavirta  $V_p$  lasketaan seuraavasta kaavasta:

$$V_p = q \times A_e$$

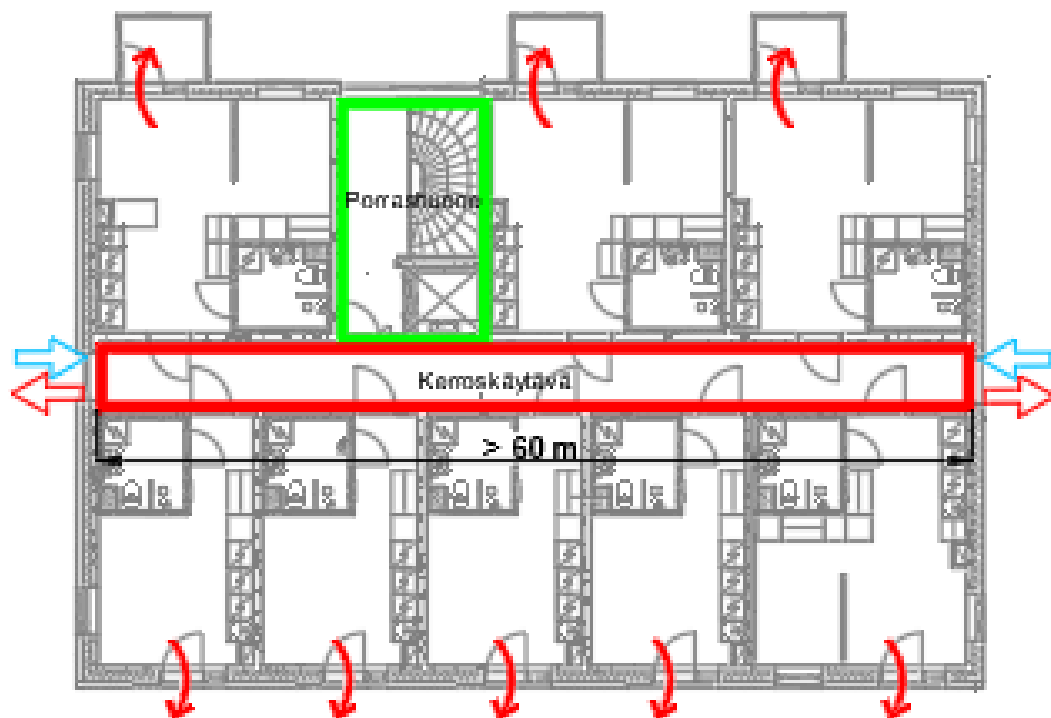
$$AV_p = 0,75 \text{ m/s} \times A_e = 0,75 \text{ m/s} \times 4 \text{ m}^2 = 3,0 \text{ m}^3/\text{s}.$$

## 6 SAVUNPOISTON TOTEUTUSMALLIT KERROSKÄYTÄVILLÄ

Tässä luvussa on käsitelty savunpoiston mitoitus asuinrakennusten kerroskäytävillä. Luvussa esitetään käytännönläheinen savunpoiston mitoitus esimerkkeineen. Savunpoistopinta-alojen, savunpoistovirtojen ja korvausilmojen vähimmäismäärät ratkaistaan esitettyjen laskentakaavojen ja menetelmien avulla. Esimerkkilaskennoissa käytetään sekä painovoimaisen että koneellisen savunpoiston mitoitus. Esimerkkikohteissa A-E savunpoiston mitoitus havainnollistetaan kerrososastoiduissa kerroskäytävillä ja esimerkkikohteissa F–H savunpoiston mitoitus havainnollistetaan, kun kerroskäytävillä on avoin yhteys porrashuoneeseen.

### 6.1 Savunpoiston tekniset ratkaisut esimerkkikohteissa

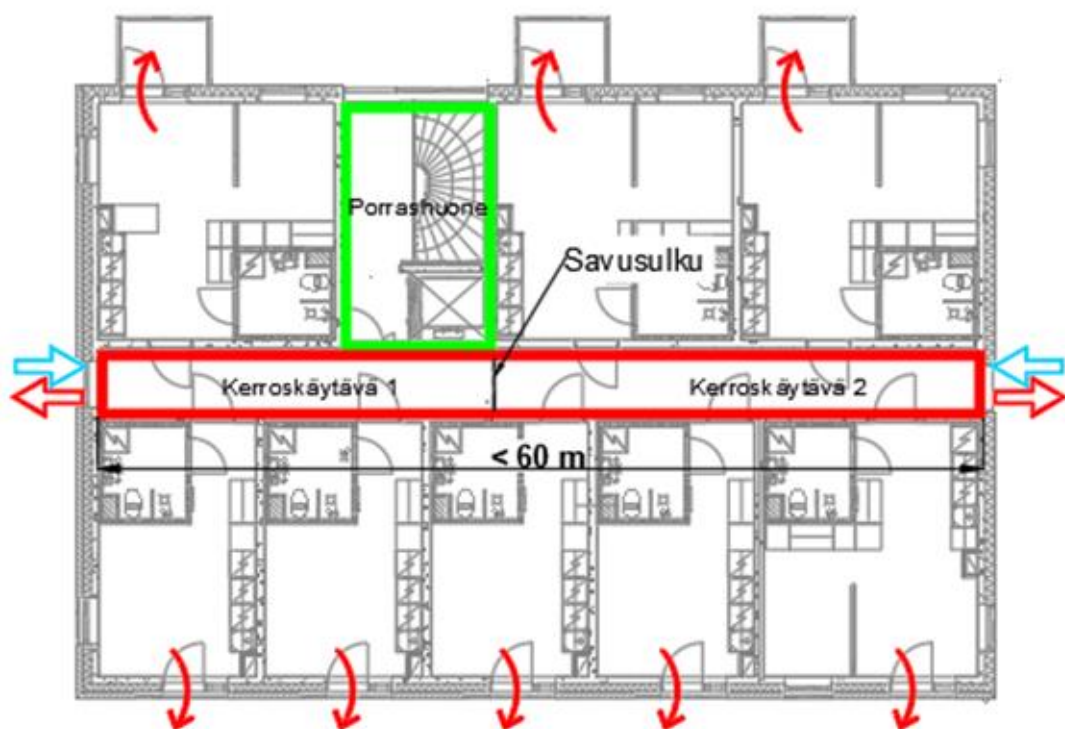
#### 6.1.1 Kohde A: kerroskäytävä alle 60 m





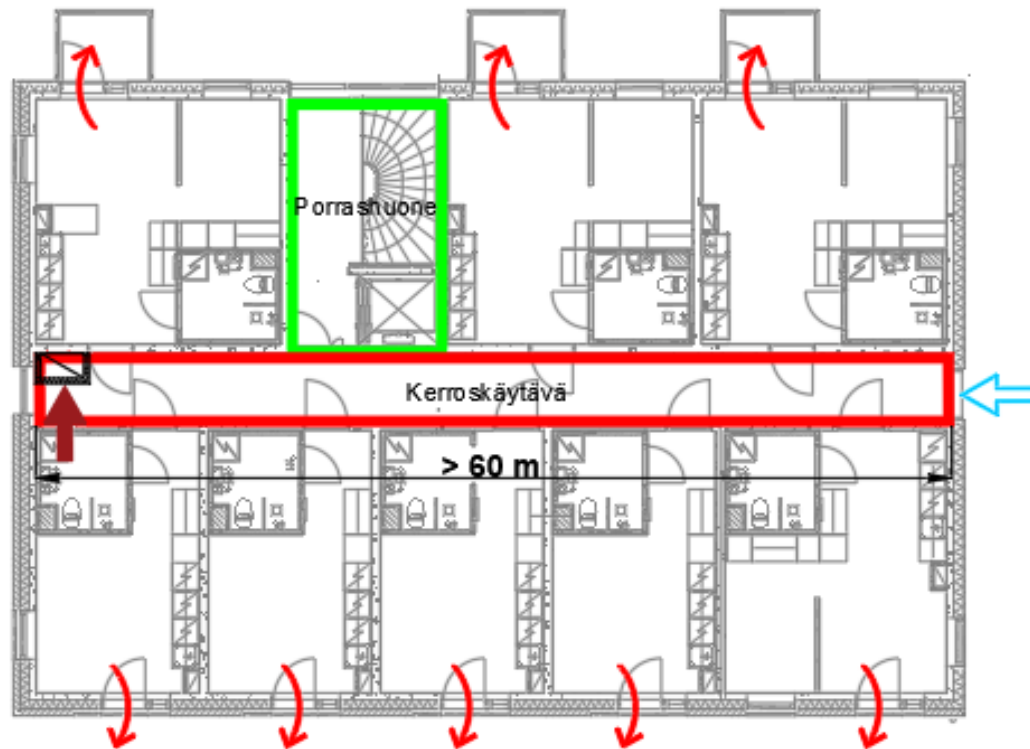
- Huoneistojen varapoistuminen parvekkeiden kautta
- Savunpoiston mitoitus prosenttimitoituksena
- Savunpoisto tapahtuu painovoimaisesti käytävän päädyissä olevien ovien tai ikkunoiden kautta
- Savunpoistotaso II

#### 6.1.2 Kohde B: kerroskäytävä yli 60 m



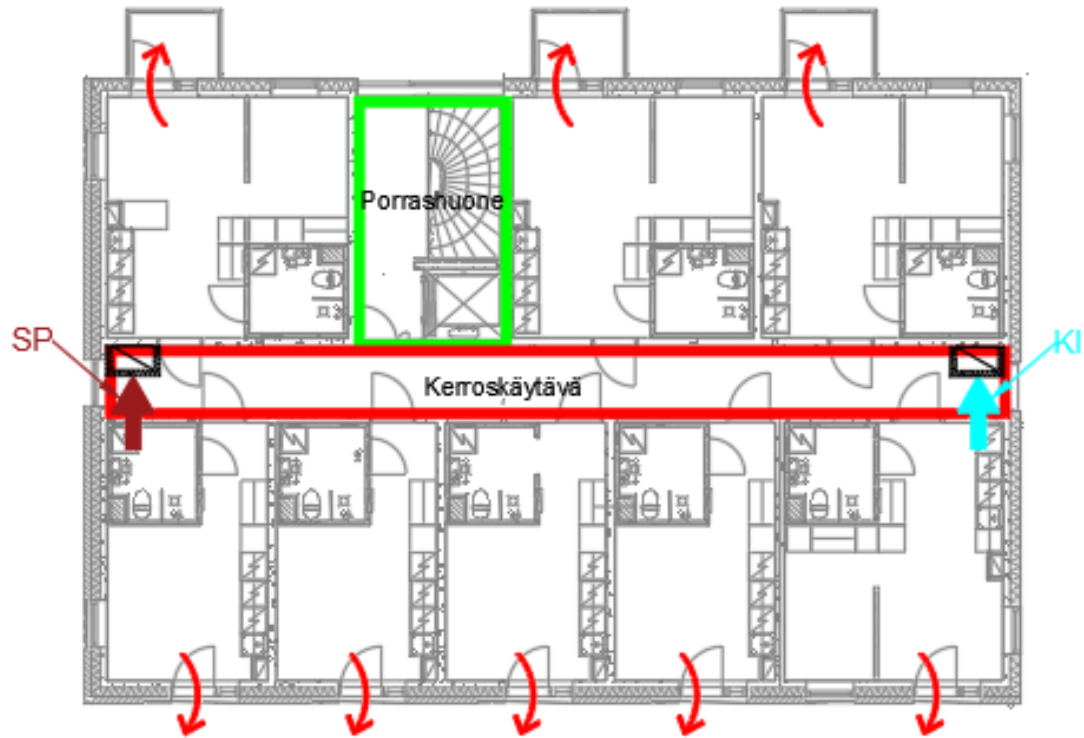
- Porrashuoneen reunan kohdassa kerroskäytävä jaetaan kahteen savulohkoon savusululla (kiinteä/laskeutuva)
- Huoneistojen varapoistuminen parvekkeiden kautta
- Savunpoiston mitoitus prosenttimitoituksena
- Painovoimaisesti käytävän päädyissä olevien ovien tai ikkunoiden kautta
- Savunpoistotaso II

### 6.1.3 Kohde C: umpinainen kerroskäytävä 1



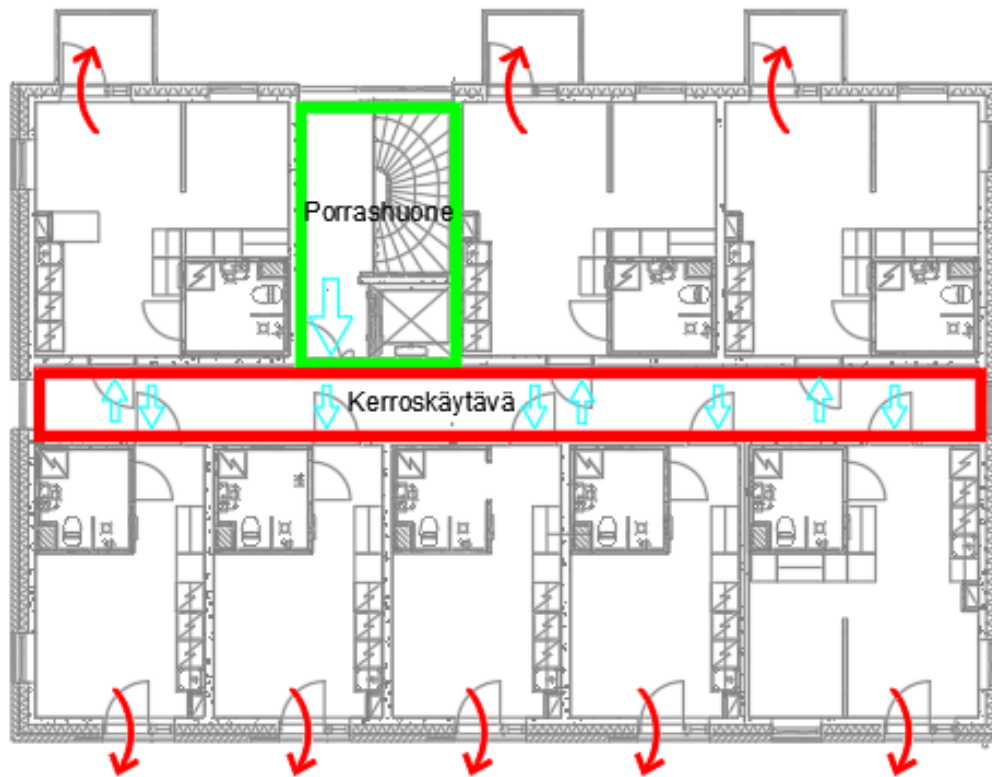
- Huoneistojen varapoistuminen parvekkeiden kautta
- Savunpoiston mitoitus prosenttimitoituksena
- Koneellisesti käytävän päädyissä olevan hormin kautta
- Korvausilma ovien tai ikkunoiden kautta
- Savunpoistotaso II

## 6.1.4 Kohde D: umpinainen kerroskäytävä 2



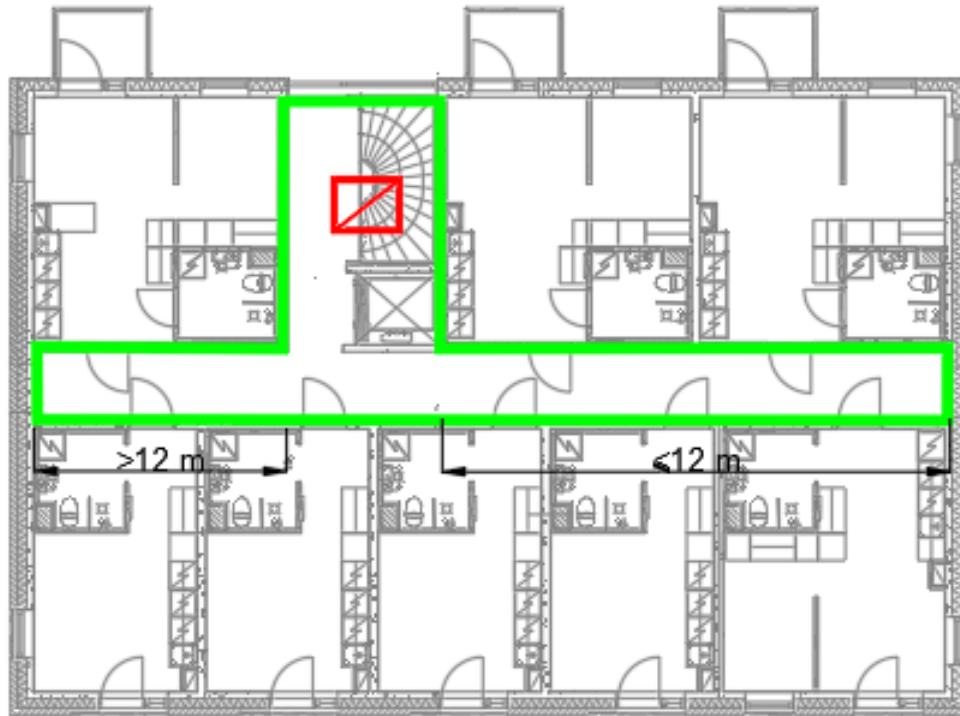
- SP – koneellinen savunpoisto
- KI – koneellinen korvausilma

## 6.1.5 Kohde E: umpinainen kerroskäytävä 3



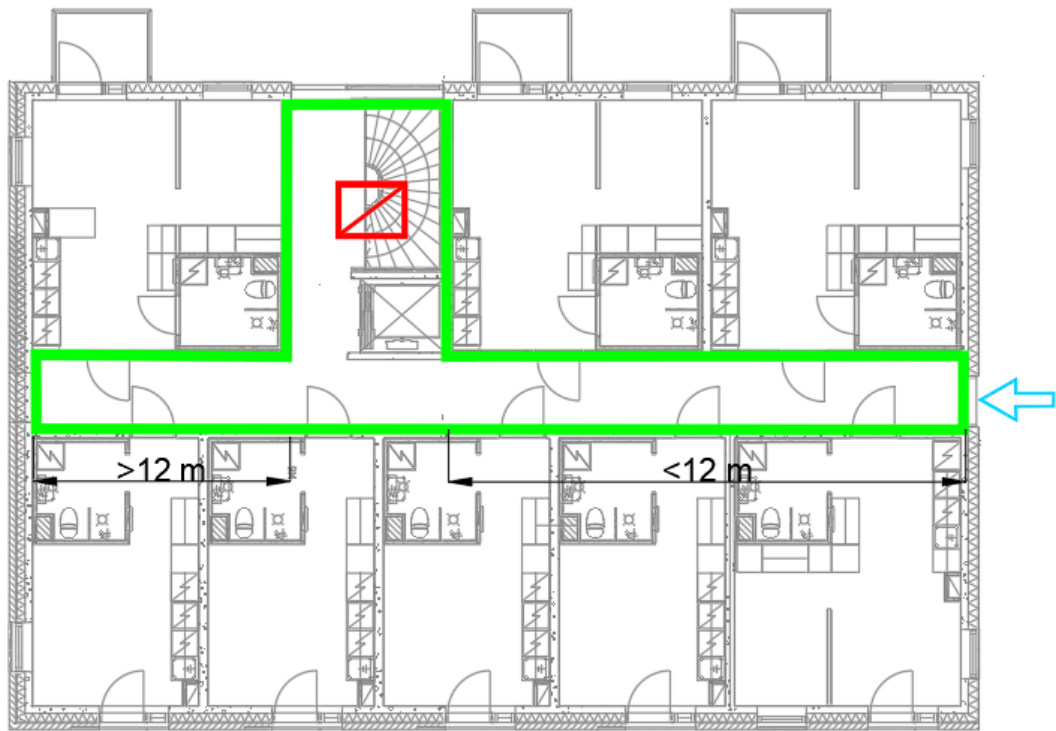
- Savunpoisto toteutetaan palokunnan toimin siirrettävän suuntapainepuhaltimen avulla palavan huoneiston kautta.

6.1.6 Kohde F: umpinainen porraskäytävä enintään 12 m



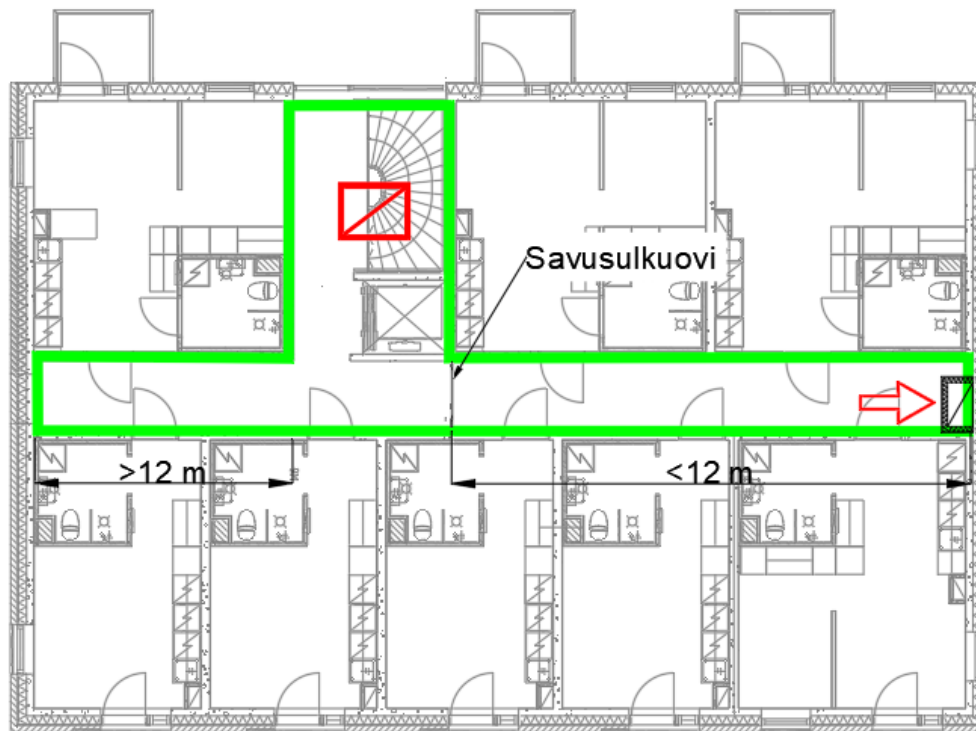
- Savunpoisto toteutetaan ylimmän kerroskäytävän tai porrashuoneen katosta, joko painovoimaisesti tai koneellisesti
- Korvausilma porrashuoneen kautta.

### 6.1.7 Kohde G: porraskäytävä yli 12 m



- Savunpoisto toteutetaan ylimmän kerroskäytävän tai porrashuoneen katosta, joko painovoimaisesti tai koneellisesti.
- Yli 12 metriä pitkään kerroskäytävän päähän rakennetaan korvausilmaikkuna.

#### 6.1.8 Kohde H: umpiperäinen porraskäytävä yli 12 m



- Savunpoisto toteutetaan ylimmän kerroskäytävän tai porrashuoneen katosta, joko painovoimaisesti tai koneellisesti.
- Yli 12 metriä pitkään umpiperäisen kerroskäytävän päähän rakennetaan hormi savunpoistoa varten.
- Yli 12 metriä pitkä umpiperäinen kerroskäytävä erotetaan savusulkuovella.

## 6.2 Tulosten tarkastelu

Koneellisessa savunpoiston mitoituksessa käytetään samankaltaisia laskentakaavoja kuin painovoimaisessa savunpoiston mitoituksessa. Koneellisessa savunpoiston mitoituksessa lasketaan tarvittavat ilmavirrat, kun taas painovoimaisessa suunnittelussa mitoitetaan ilmamäärien pinta-alat.

### 1. Savunpoistotaso II:n prosenttimitoitus (taulukko 5)

1.  $A = 1,0 \% \times 160 \text{ m}^2 = 1,6 \text{ m}^2$
2.  $V = 1,0 \% \times 160 \text{ m}^2 \times 1 \text{ m/s} = 1,6 \text{ m}^3/\text{s}$

### 2. Savunpoistotaso II:n prosenttimitoitus (taulukko 6)

1.  $A = 1,0 \% \times 160 \text{ m}^2 = 1,6 \text{ m}^2$
2.  $V_{\text{tot}} = 1,0 \% \times 160 \text{ m}^2 \times 1 \text{ m/s} = 1,6 \text{ m}^3/\text{s}$

Saatujen tulosten perustella voidaan todeta, että prosenttimitoituksilla saatujen tulosten arvoissa ei havaittu poikkeamia suuntaan eikä toiseen ja näin ollen menetelmiä voidaan jatkossakin käyttää savunpoiston mitoitukseen kerroskäytävillä.

### 3. Savunpoistotaso II:n mitoitus RIL232-2012:n kaavojen mukaisesti.

1.  $A_v C_v = 1 \times 0,11 \times 8,1 \text{ m}^2 = 0,89 \text{ m}^2$
2.  $V_{\text{vtot}} = 1 \times 0,09 \times 19 \text{ m}^3/\text{s} = 1,57 \text{ m}^3/\text{s}$

Mitoitusmenetelmien välisissä eroissa ei todettu vertailulaskennassa merkittävää eroa koneellisen savunpoiston mitoituksessa, kun taas painovoimaisen savunpoiston mitoituksessa saadut tulokset poikkeavat toisistaan noin  $0,5 \text{ m}^2$ :n verran. Toisaalta Suomen rakentamismääräyskokoelman antama savunpoistoluukun vähimmäispinta-alan on  $1,0 \text{ m}^2$ . Tällä perustella voidaan todeta, että kaavojen avulla tehty savunpoiston mitoitus on käyttökelpoinen kerroskäytävillä.



## 7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Opinnäytetyön tarkoituksena oli mitoitaa savunpoisto erilisillä laskentamenetelmillä asuinrakennusten kerroskäytävillä. Lisäksi työn tavoitteena oli vertailla laskentamenetelmillä saatuja tuloksia keskenään ja todeta niiden käytännöllisyys savunpoiston suunnittelussa asuinrakennusten kerroskäytävillä.

Savunpoiston mitoitustuloksista dokumentoitiin mitoitettavan kohteen lähtötiedot, käytettävien mitoitusmenetelmien perustelut ja laskelmien tulokset. Dokumentoinnilla tarkastettiin saatujen tuloksien oikeellisuus ja toistettavuus. Laskentojen pohjana toimivat RIL232:n savunpoistomitoituksen ohjeet ja Ympäristöministeriön asetus 848 / 2017 rakennusten paloturvallisuudesta.

Savunpoiston mitoitusmenetelmillä ei saatu toisistaan huomattavan poikkeavia tuloksia. Painovoimaisen savunpoiston mitoituksessa kaavoihin perustuvissa laskelmissa tulokset olivat lievästi eroavia prosenttimitoitukseen perustuviin laskelmiin nähden. Savunpoiston mitoituksen kannalta voidaan todeta, että RIL232:n laskentakaavamenetelmä on teorialtaan monimutkaisempi kuin prosenttimitoitus.

Savunpoiston eri mitoitusmenetelmillä saatujen tulosten perusteella tehtiin johtopäätös, että savunpoistovirtojen ja poistoaukkojen pinta-alojen laskeminen prosenttimitoituksella on riittävä menetelmä savunpoiston arviointiin tarkastellussa kohteessa. Lisäksi todettiin, että paineistuksen osalta saadun paineistusilmavirran arvo  $3,0 \text{ m}^3/\text{s}$  on riittävä savun leviämisen estämiseksi tarkastellussa kohteessa A.

Mitoitustulosten hajonta osoitti sen, että laskennassa käytettävien kaavojen käyttö eri tiloissa voisi olla selkeämmin selitetty, koska tässä tutkimuksessa niiden käyttö ja tulkinta oli haastavaa. Työssä on selvinnyt, että mitoituskaavojen soveltaminen edellyttää kokemusta savunpoiston mitoituksesta. Työssä käytettyjen menetelmien tarkkuutta pidettiin riittävänä saatujen tulosten arviointiin.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin teoriaan ja mitoituksiin perustuva arvio pinta-alojen ja mitoitusvirtaamien riittävydestä savunpoistossa asuinrakennusten kerroskäytävillä. Savunpoiston mitoitus asuinrakennusten kerroskäytävillä kaavoilla, prosenttimitoituksella ja paineistukseen perustuvalla laskennalla osoittautui opinnäytetyössä onnistuneeksi, koska eri menetelmillä saadut tulokset olivat hyvin lähellä toisiaan.

## LÄHTEET

Englund, K. 1945. Evakkoperhe hämmästelee rintamamiestalon "maaseudun funktionalismia". Julkaistu 8.10.2004. Saatavilla <http://www.rintamamiestalo.fi - projektit ja linkit>.

Ehrnrooth, K. 2010. Diplomityö. Tulipalon savukaasujen poiston mitoituksen tutkiminen. Aalto-yliopiston teknillinen korkeakoulu. Insinööritieteiden ja arkkitehtuurin tiedekunta.

Fläkt Woods 2008. Kompakti paineistus ja savunpoistojärjestelmä. Smoke Master SMIA - Tekninen esite. Viitattu 2.6.2020 <http://resources.flaktwoods.com > Perfion > File>

Jantunen, J. 2017. Muistio. Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta. Julkaistu 28.11.2017. Saatavilla <http://www.ym.fi > download > nonamefi>.

Kautto, P. 2014. Savunhallintalaitteiston suunnitteluprosessi. Viitattu 3.10.2014 <http://www.docplayer.fi > 4282251-Savunhallintalaitteiston-suunnitteluprosessifi>

Keravent 2017. Eurolux. Ohje 02. Savunpoistojärjestelmän kunnossapito. Viitattu 06.2017 <https://www.keravent.fi/fi/keravent/huolto/> > Lataa (pdf) > Euroluxin kunnossapito-ohje.

Laki maankäyttö- ja rakennuslain muuttamisesta. Suomen säädöskokoelma 770/2019. Julkaistu 19.6.2019. Saatavilla <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/201/7702019>.

Maankäyttö- ja rakennuslaki. Suomen säädöskokoelma 132/1999. Julkaistu 5.2.1999. Saatavilla <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/521999132>.

Ohje-ehdotus 2019. Rakennusten savunhallinta ja savunpoistolaitteistojen kunnossapito. Rakennustieto Oy. Viitattu 19.12.2019 <http://www.rakennustieto.fi>.

Reponen, T. 2016. Diplomityö. Sivukäytävien vaikutus kerrostalon porrashuoneen palonaikaisiin olosuhteisiin. Aalto-Yliopiston Insinööritieteiden korkeakoulu.

RIL 232-2012. 2012. Rakennusten savunpoisto. Suunnittelu, toteutus ja ylläpito. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörin Liitto RIL ry.

RT 103001. 2018. Keravent-savunhallintajärjestelmä (painovoimainen savunpoisto). Kera Group Oy. Helsinki: Rakennustieto Oy. Saatavilla [https://www.keravent.fi/application/files/7515/3958/0933/RT\\_103001.pdf](https://www.keravent.fi/application/files/7515/3958/0933/RT_103001.pdf).

Sandberg, E. 2014. Ilmastointilaitoksen mitoitus. Ilmastointitekniikka osa 2. Helsinki: Talotekniikka-Julkaisut Oy.

SFS-EN 12101-3:2006. Savunhallintajärjestelmät. Osa 6: Paineistus. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto.

YA = Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta. Suomen säädöskokoelma 848/2017. Julkaistu 21.3.2018. Saatavilla <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170848>